Centro de Ahorro y Eficiencia Energética de Madrid

www.madrid.org/caeem

Municipal

Guía sobre Gestión Energética

Guía sobre Gestión Energética

Municipal

Madrid Vive **Ahorrando** Energía

FMM Madrid

Comunidad de Madrid

La Suma de Todos

Guía sobre Gestión Energética Municipal

Madrid **Ahorra** con Energía

Madrid, 2006

Presentación

El Plan Energético de la Comunidad de Madrid 2004-2012 establece unos objetivos ambiciosos de fomento de la eficiencia energética y del aprovechamiento de energías renovables por parte de los agentes económicos, las instituciones y los ciudadanos con el fin de aumentar la seguridad en el abastecimiento, coadyuvar a la protección del medio ambiente e incentivar el desarrollo económico regional.

Los Ayuntamientos desempeñan un papel importante, ya que en el desarrollo de sus competencias inciden sobre áreas relacionadas con la eficiencia energética, como la gestión de instalaciones y edificios municipales, o los servicios públicos, como el transporte, el tratamiento de residuos sólidos urbanos, la depuración de aguas residuales, etc. También es relevante en este sentido la capacidad normativa y reguladora de los Ayuntamientos en materia de urbanismo, edificación, medio ambiente, etc. Es de gran importancia en este ámbito la promulgación de Ordenanzas que prescriben el aprovechamiento de energía solar en los edificios de nueva construcción. Esta Guía tiene por objetivo describir alguna de las posibilidades de actuación en estas materias y su difusión entre los técnicos y responsables de los Ayuntamientos de la Comunidad de Madrid.

Carlos López Jimeno
Director General de Industria, Energía y Minas

Prólogo

Desde hace algunas décadas, España ha experimentado un notable crecimiento del consumo y de la intensidad de la energía.

De todos es conocido que la energía se ha convertido en un elemento esencial para el desarrollo económico y el bienestar social. Lógicamente, tanto su calidad como su coste económico ha pasado a convertirse en un referente socio-económico a tener muy en cuenta en los municipios de la región.

Este carácter estratégico de la energía ha condicionado la promoción de la eficiencia energética y el uso racional de la misma. El abuso en la utilización ha generado un problema al que los municipios tenemos que aportar una respuesta. Cualquier actuación que se estudie se tiene que plantear desde el conocimiento de la situación existente, la tendencia y el futuro que se desea para cada una de nuestras ciudades.

Como consecuencia de este carácter proactivo, la Administración ha decidido fomentar y poner en marcha, entre otros proyectos, un Modelo de Contrato de Servicios Energéticos y Mantenimiento en Edificios Municipales como se detalla en el interior de estas páginas.

Este Contrato, junto con los principios de crecimiento sostenible y de gestión energética que deben priorizar nuestras actuaciones municipales en estas materias, son aportaciones encaminadas a obtener el importante potencial de ahorro de energía que existe en el sector municipal.

Este nuevo concepto municipal de desarrollo sostenible implica un grandísimo cambio en la forma de ver, pensar y actuar de cualquier ayuntamiento. Sin ir más lejos y a modo de ejemplo, la gestión energética que ya se está aplicando

en numerosas Corporaciones, supone la integración de todos o parte de los suministros y servicios de las instalaciones térmicas de los edificios.

En el caso de la Administración local, nuestro objetivo se dirige a la reducción, a límites aceptables, del consumo de la energía en los edificios y conseguir que parte de este consumo proceda de energías renovables. De hecho, la energía solar se presenta como una solución atractiva medioambiental que los municipios estudian como alternativa viable para su utilización a muy corto plazo.

Para terminar, quiero indicar que el conjunto de sucesos globales que condicionan la problemática energética, a saber, nuestra dependencia energética exterior, la necesidad de preservar el medio ambiente y el asegurar un desarrollo sostenible obliga a todos los implicados al fomento de fórmulas eficaces para un uso eficiente de la energía y la utilización de fuentes limpias.

En este cometido trabajamos y este libro que tienen ustedes en sus manos es una muestra de ello.

Luis Partida Brunete
Presidente de la Federación de Municipios de Madrid

Autores

Capítulo 1. Estrategia energética de la Comunidad de Madrid. Incentivos y ayudas
D. José Antonio González Martínez
Subdirector de Gestión y Promoción Industrial de la Dirección General de Industria, Energía y Minas
Dirección General de Industria, Energía y Minas
Comunidad de Madrid
www.madrid.org

Capítulo 2. Gestión energética en edificios públicos
D. Manuel Acosta Malia
Presidente de Atecyr
Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR)
www.atecyr.org

Capítulo 3. Los contratos de servicios energéticos y mantenimiento en edificios municipales
Asociación Española de Empresas de Mantenimiento Integral de Edificios, Infraestructuras e Industrias (AMI)

Capítulo 4. Aprovechamiento de energía solar en municipios
Antonio Mendoza Hernández
Adolfo González González
Gamesa Solar
www. gamesa.es

Capítulo 5. Tecnologías de calefacción de alta eficiencia energética
Departamento Técnico de Viessmann
Viessmann, S.L.
www.viessmann.es

Capítulo 6. La domótica en los edificios públicos
CEDOM
Asociación Española de Domótica
www.cedom.org

Capítulo 7. Aprovechamiento energético de residuos sólidos urbanos
D. Luís Martínez Centeno
Teconma
www.teconma.com

Capítulo 8. Sistemas de ahorro de agua y energía
D. Luis Ruiz Moya
Tecnología Energética Hostelera y Sistemas de Ahorro, S.L (Tehsa)
www.ahorraragua.com

Capítulo 9. Tecnología led en los semáforos de la Comunidad de Madrid
D. David Calero Monteagudo
SICE (Sociedad Ibérica de Construcciones Eléctricas S.A.)
www.sice.es

Índice

CAPÍTULO 1. Estrategia energética de la Comunidad de Madrid. Incentivos y ayudas 17
1.1. Introducción 17
1.2. Situación energética de la Comunidad de Madrid 18
1.2.1. Marco económico-energético 18
1.2.2. Intensidad energético-económica 20
1.2.3. Balance energético 21
1.2.3.1. Demanda y suministro de productos energéticos 21
1.2.3.2. Evolución del consumo 22
1.2.3.3. Generación de energía en la Comunidad de Madrid 22
1.3. Estimación de la demanda 24
1.3.1. Balance de energía final, año 2012 24
1.4. Objetivos energéticos y líneas de actuación 25
1.4.1. Objetivos energéticos 25
1.4.2. Ahorro y eficiencia energética 27
1.4.2.1. Actuaciones horizontales 28
1.4.2.2. Actuaciones sectoriales 31
1.4.3. Fomento de energías renovables 36
1.4.3.1. Biomasa 36
1.4.3.2. Eólica 37
1.4.3.3. Residuos sólidos y lodos 38
1.4.3.4. Solar fotovoltaica 38
1.4.3.5. Solar térmica 39
1.4.3.6. Resumen global sobre potencialidad de las energías renovables 40
1.4.4. Sinopsis final 41
1.5. Incentivos y ayudas 42

1.5.1. Programa de Subvenciones para Promoción del Ahorro y la Eficiencia Energética 43
1.5.2. Programa de Subvenciones para Promoción de las Energías Renovables 45
1.5.3. Línea de Apoyo Financiero a Proyectos de Energías Renovables 46
CAPÍTULO 2. Gestión energética en edificios públicos 49
2.1. Introducción 49
2.2. El gestor energético 54
CAPÍTULO 3. Los contratos de servicios energéticos y mantenimiento en edificios municipales 61
3.1. Introducción 61
3.2. El gestor energético 63
3.3. Situación energética actual: aspectos normativos 66
3.4. El contrato de servicios energéticos y mantenimiento en edificios municipales 74
3.4.1. Objetivos a conseguir 74
3.4.2. Aspectos previos a tener en cuenta a la hora del planteamiento 75
3.4.2.1. La viabilidad jurídica del contrato de resultados 76
3.4.2.2. Detalles del contrato 76
CAPÍTULO 4. Aprovechamiento de energía solar en municipios 85
4.1. Introducción 85
4.2. Nuevos conceptos de la energía solar 85
4.2.1. Respaldo de líderes industriales 85
4.2.2. Uso eficaz de la energía solar 86
4.2.3. Importancia de las garantías 87
4.3. Apoyo institucional 88
4.3.1. Responsabilidad global e individual 88
4.3.2. Resumen de aplicaciones 88
4.3.3. Adecuado marco legislativo 90
4.4. Objetivos y grandes retos 92
4.4.1. Desarrollo del sector solar en España 92
4.4.2. El reto institucional 93

4.5. Ejemplos de actuaciones promovidas por los municipios 94
4.5.1. Proyectos de energía solar fotovoltaica 94
4.5.2. Proyectos de energía solar térmica 100
CAPÍTULO 5. Tecnologías de calefacción de alta eficiencia energética 103
5.1. Introducción 103
5.2. Primeras medidas para el ahorro y la eficiencia energética 104
5.3. Calderas de Baja Temperatura 105
5.3.1. Funcionamiento de las superficies de intercambio de pared múltiple 107
5.3.2. Análisis del funcionamiento de las calderas de Baja Temperatura 108
5.4. Calderas de gas de Condensación 109
5.4.1. Técnica de Condensación 110
5.4.1.1. El Poder Calorífico Inferior y el Poder Calorífico Superior 111
5.4.2. Diseño de las calderas de Condensación 112
5.5. Comparativa de valores de rendimiento estacional 115
5.6. Conclusiones 116
CAPÍTULO 6. La domótica en los edificios públicos 119
6.1. La automatización aplicada a los edificios 119
6.2. Medida y tarifación 121
6.2.1. El nuevo mercado energético. La liberalización 121
6.2.2. Cambio de contadores 123
6.2.3. La medida eléctrica en la gestión energética 126
6.3. Características del sistema de gestión técnica en un edificio inteligente. Principales automatismos 129
6.4. Últimas tendencias. Dispositivo asistido desde PC para la reducción del gasto eléctrico 134
6.4.1. Descripción del sistema 135
6.5. Criterios energéticos. La aportación de la domótica 136
6.5.1. Sistema de monitorización de construcciones bioclimáticas 137
CAPÍTULO 7. Aprovechamiento energético de residuos sólidos urbanos 141
7.1. Introducción 141
7.2. Aprovechamiento energético de los residuos 143

7.3. Procesos clásicos de incineración 146
7.3.1. Descripción general del proceso 150
7.3.2. Sistema de recepción y alimentación de residuos 151
7.3.3. Sistema de combustión 152
7.3.4. Sistema de recuperación de energía 156
7.3.5. Sistema de depuración de gases 159
7.3.6. Residuos de incineración 162
7.4. Otros procesos de aprovechamiento energético 163
7.4.1. Desgasificación de vertederos 163
7.4.2. Biometanización 164
7.4.3. Pirólisis / Termólisis 165
7.4.4. Procesos basados en la Generación de Plasma 165
7.4.5. Aprovechamiento energético de lodos 166
7.5. Preparación de combustibles derivados de residuos (CDR) 169
7.6. Procesos de co-incineración 172
7.7. El biorreactor activable 174
CAPÍTULO 8. Sistemas de ahorro de agua y energía 177
8.1. Introducción 177
8.2. ¿Por qué ahorrar agua? 178
8.2.1. Objetivos de un Plan de Reducción del Consumo de Agua 182
8.3. ¿Cómo ahorrar agua y energía? 183
8.3.1. Acciones y consideraciones para ahorrar agua y energía 184
8.4. Tecnologías y posibilidades técnicas para ahorrar agua y energía 188
8.5. Clasificación de equipos 190
8.5.1. Grifos monomando tradicionales 191
8.5.2. Grifos de volante tradicionales 193
8.5.3. Grifos termostáticos 194
8.5.4. Grifos electrónicos de activación por infrarrojos 195
8.5.5. Grifos de ducha y torres de prelavado en cocinas o comedores 197
8.5.6. Grifos temporizados 198
8.5.7. Fluxores para inodoros y vertederos 200
8.5.8. Regaderas, cabezales y mangos de duchas 202
8.5.9. Inodoros (WC) 205

8.5.10. Nuevas técnicas sin agua 209
8.5.11. Tecnología para las redes de distribución 211
8.5.12. Técnicas y mejoras en los procesos de trabajo 214
8.6. Consejos generales para economizar agua y energía 215
CAPÍTULO 9. Tecnología led en los semáforos de la Comunidad de Madrid 223
9.1. Antecedentes 223
9.2. Descripción de la Tecnología LED 229
9.2.1. Ventajas de la Tecnología LED 229
9.3. Análisis del Ahorro Energético 231
9.4. Conclusiones 233

Capítulo

1

Estrategia energética de la Comunidad de Madrid. Incentivos y ayudas

1.1. Introducción

La Comunidad de Madrid, a pesar de ocupar una pequeña parte del territorio nacional (1,6 %) y suponer el 13,3 % de la población, aporta en torno a la sexta parte del PIB y presenta el PIB per cápita más alto de España, algo superior a la media europea.

En los últimos años, la economía madrileña ha venido manteniendo un crecimiento gradual, pero sostenido, a pesar del conjunto de incertidumbres que se ciernen en el plano internacional y que ocasiona desaceleración e inquietud entre las principales economías mundiales.

La gran actividad económica que caracteriza a nuestra región, unida a su alta densidad de población, y a su escasa capacidad de generación, hacen que la Comunidad de Madrid sea un gran sumidero energético, manteniendo un crecimiento muy acentuado en los últimos años.

La energía ha sido un factor decisivo en el crecimiento económico y en el bienestar social, por lo que su disponibilidad, calidad y precio van a jugar un papel primordial en todos los aspectos socio-económicos de la región.

A pesar del crecimiento experimentado en la demanda energética, la Comunidad de Madrid goza de un abastecimiento que, en general, se ha venido caracterizando por una buena calidad y fiabilidad en estos últimos decenios.

El carácter estratégico de la energía, tanto en el bienestar social como en las actividades económicas, en un marco mundial de gran tensión en los mercados energéticos y en el seno de un país con gran dependencia exterior en su

abastecimiento, hace necesario el desarrollo de una política energética adecuada a las características del entorno, que permita adelantarse a los acontecimientos venideros, debiendo ser las Administraciones públicas las que presten esa especial atención a la situación energética al objeto de dar las respuestas adecuadas en cada momento.

De ahí que el Gobierno de la Comunidad de Madrid, fiel a sus compromisos, haya elaborado un Plan Energético, cuyo horizonte se fija en el año 2012 y que constituye el instrumento de su estrategia energética.

Esta estrategia energética se articula sobre cuatro pilares básicos:

- Adecuar la oferta de productos energéticos a la cobertura de necesidades en nuestra Comunidad y mejorar la fiabilidad del suministro de electricidad, por actuaciones progresivas en toda la cadena de suministro.
- Mejorar la eficiencia de uso de los productos energéticos, propiciando el ahorro y reduciendo la intensidad de consumo energético, sin comprometer la competitividad de la actividad económica de nuestra Comunidad y sin reducir las cotas de bienestar de los madrileños.
- Promocionar el uso de energías renovables en la Comunidad de Madrid.
- Minimizar el impacto ambiental de nuestro consumo energético.

1.2. Situación energética de la Comunidad de Madrid

1.2.1. Marco económico-energético

Para el estudio de la situación energética actual de la Comunidad de Madrid es necesario tener en cuenta el escenario macroeconómico y energético que representan España, la Europa de los 15 (UE15), y la nueva Europa de los 25 (UE25) (Tabla 1, correspondiente al año 2003). La Comunidad de Madrid tiene un Producto Interior Bruto de 119,5 miles de M€, con 5,72 millones de habitantes, 2,5 millones de viviendas, y un consumo de energía final de 10,2 millones de tep.

TABLA 1. Escenario Energético año 2003.

	Comunidad de Madrid	España	UE15	UE25
PIB (1.000 M€$_{2000}$)	119,5	658,2	9.013,9	9.426,2
Habitantes (M)	5,7	42,7	382,3	457,1
Viviendas (M)	2,5	14,5	162,6	191,4
E. final (Mtep)	10,2	88,3	991,0	1.105,6
Electricidad (Mtep)	2,1	18,6	204,9	225,3
Petróleo (Mtep)	6,4	49,2	440,5	477,5
Gas natural (Mtep)	1,5	13,3	235,5	262,0
CO_2 (Mt)	34,6	317,8	3.157,0	3.676,0
PIB/hab. (€$_{2000}$/p)	20.891,6	15.414,5	23.578,1	20.621,7
Hab./Viv. (p/vivienda)	2,3	2,9	2,4	2,4
Energía final/p (tep/p)	1,8	2,1	2,6	2,4
Elec./hab. (tep/p)	0,4	0,4	0,5	0,5
Petróleo/hab. (tep/p)	1,1	1,2	1,2	1,0
Gas/hab. (tep/p)	0,3	0,3	0,6	0,6
CO_2/hab. (t/p)	6,1	7,2	8,3	8,0
CO_2/PIB (t/M€)	290,5	483,8	350,3	390,0

Si se compara con los valores de España, UE15 y UE25, se comprueba como el PIB por persona de la Comunidad (21 k€) es similar al de la UE25, inferior en un 11 % al de la UE15, y superior en un 35 % al de España.

La población de la Comunidad de Madrid representa el 13,3 % de la población total española, mientras que en PIB el porcentaje respecto al total nacional es del 18,1 %, y en consumo de energía del 11,55 %.

Medido el consumo en energía por habitante, la Comunidad presenta un valor (1,8 tep/persona) menor que el caso de España (2,1 tep/persona), que a su vez es menor que el valor para las dos Europas (UE15 (2,6 tep/persona) y UE25 (2,4 tep/persona)).

Estos datos son reflejo de una estructura económica específica en nuestra Comunidad, con muy escasa presencia de industrias de transformaciones primarias (de muy alta intensidad de consumo energético) y mucha actividad económica en alta gestión de variado tipo (financiera, dirección empresarial, consultoría, etc.) así como en el ámbito mercantil local, nacional e internacional.

Conviene añadir que el sector energético representa en nuestra Comunidad el 3 % del VAB (valor añadido bruto) total, y el 1 % del empleo, las cuales son cifras relativamente bajas en el contexto de las economías desarrolladas, pero ello se explica por carecer en gran medida de capacidad productiva, centrándose la actividad básicamente en distribución. Estas cifras tenderán al alza, sobre todo la del empleo, a lo largo de la ejecución del Plan.

1.2.2. Intensidad energético-económica

El valor de la intensidad energética final de la Comunidad de Madrid del año 2003 fue de 0,085 ktep/M€$_{2000}$, mientras que los valores alcanzados en España (0,14) y en Europa (0,11) son considerablemente superiores. En la Comunidad de Madrid se observa una tendencia de crecimiento de la intensidad energética con una variación anual del 1,2 % mientras que en la UE15 existe una disminución anual del 1,3 %.

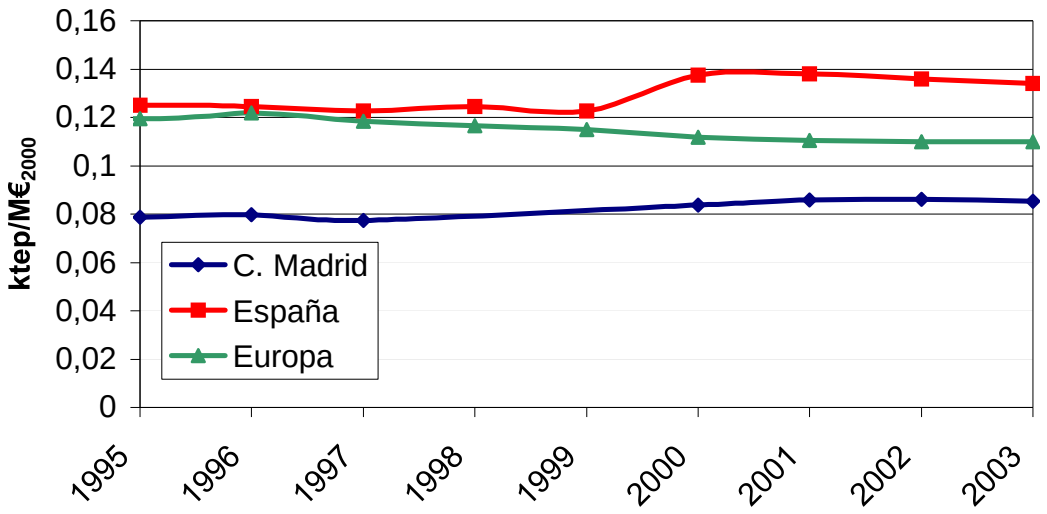


Figura 1. Intensidad energética final en la Comunidad de Madrid, España y Europa.

1.2.3. Balance energético

1.2.3.1. Demanda y suministro de productos energéticos

El consumo total de energía de la Comunidad de Madrid en el año 2003 fue de 10.217 ktep. Los sectores con un mayor consumo de energía final son el Transporte (un 51 %), seguido del sector Doméstico (24,5 %), y del sector Industria (un 12 %). El sector Servicios supone un 10 %, y el de Agricultura algo menos de un 2 %.

En cuanto a la fuente energética final consumida, los derivados del petróleo suponen un 62 % del consumo, la electricidad un 21 %, el gas natural un 15 %, y el resto de fuentes casi un 2 %. En la Tabla 2 se muestran los valores absolutos de consumo de cada fuente de energía por sectores en la Comunidad de Madrid, junto con los porcentajes relativos.

TABLA 2. Consumo de energía final en la Comunidad de Madrid en el año 2003 (ktep).

	Gas natural	Der. petróleo	Electricidad	Carbón	Térmica	Total
Agricultura	5,59	170,56	6,97		3,30	186,42
						1,82%
Industria	369,97	376,16	416,15	6,00	74,00	1.242,28
						12,16%
Servicios	130,10	35,81	894,63		1,00	1.061,54
						10,39%
Doméstico	1.028,75	656,39	706,78	20,00	90,30	2.502,22
						24,49%
Transporte	0,36	5.128,38	96,03		0,30	5.225,07
						51,14%
Total	1.534,77	6.367,3	2.120,56	26,00	168,90	10.217,54
	15,02%	62,32%	20,75%	0,25%	1,65%	

- Ha de tenerse en cuenta que parte de los combustibles consumidos, en particular gas natural, lo son en cogeneración, por lo que el uso final no es directo, sino a través de electricidad y calor.

En el caso del sector Transporte, el 98 % del consumo corresponde a derivados del petróleo.

En el caso del sector Servicios, el 84 % corresponde a electricidad, y el 12 % al gas, siendo mucho menor el consumo de derivados del petróleo.

El resto de sectores tienen un consumo más repartido (derivados del petróleo, gas y electricidad).

1.2.3.2. Evolución del consumo

En los últimos 13 años la energía consumida en la Comunidad de Madrid ha aumentado en 4.869 ktep, con un incremento medio anual del 5,1 %. Durante este período se pueden observar dos ritmos distintos de crecimiento: desde el año 1990 hasta el 1996 el crecimiento medio anual fue del 3,7 %, mientras que desde el 97 hasta el 2003 se dio un incremento medio anual del 7,5 %.

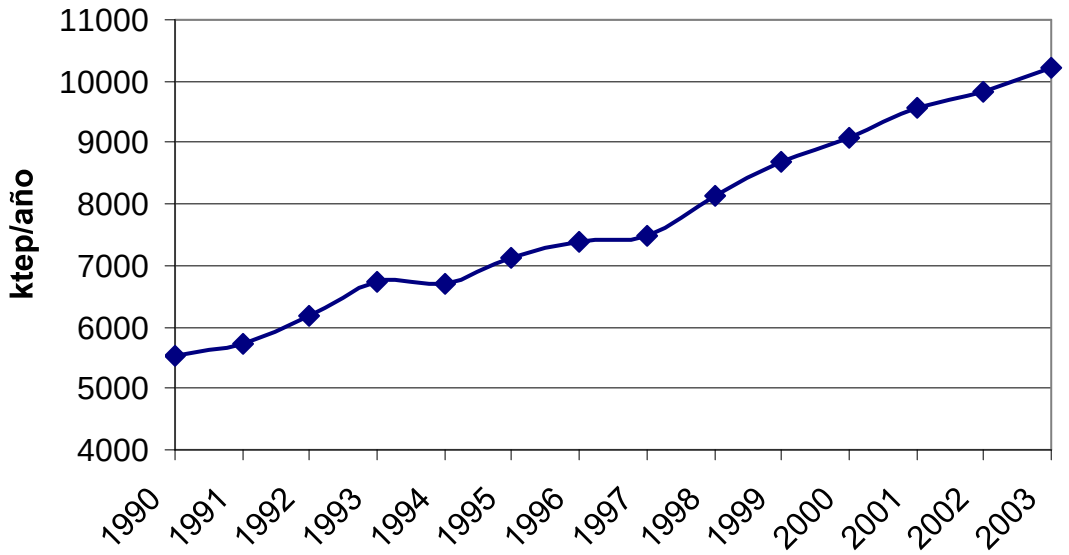


Figura 2. Evolución de la energía final en la Comunidad de Madrid.

1.2.3.3. Generación de energía en la Comunidad de Madrid

La energía producida en el año 2003 en la Comunidad de Madrid (medida en uso final) fue de 291,4 ktep, es decir, aproximadamente un 3 % del total consumido. La energía final producida se desglosa en energía final térmica, básicamente de biomasa, residuos, solar y parte térmica de la cogeneración, con un total de 168,9 ktep, y eléctrica (122,5 ktep). Esta energía se produce tanto por

medios propios (por ejemplo, los residuos sólidos urbanos), como por medios externos, como es el caso del gas en la cogeneración.

En el caso de contabilizar únicamente los recursos autóctonos de la Comunidad, el porcentaje sobre el total consumido se reduce aproximadamente al 2 % (203,5 ktep).

La electricidad es un vector energético particularmente significativo, y en él la generación propia alcanza aproximadamente el 5,2 % del consumo final (en GWh). Las principales fuentes de producción de energía eléctrica en la Comunidad en el año 2003 fueron la cogeneración, los residuos y, en menor medida, la energía hidráulica, a pesar de haber sido un año de alta pluviometría.

La producción de electricidad ha experimentado un fuerte incremento, y en los últimos 6 años se ha doblado su valor (de 610 GWh en el año 1998 a 1.293 en el 2003, como se observa en la Fig. 3). El incremento más importante se ha dado en la cogeneración, que tuvo un desarrollo inicial muy acentuado, aunque en los últimos años ha sufrido una desaceleración debido a las incertidumbres sobre el precio del gas, el marco regulatorio, etc.

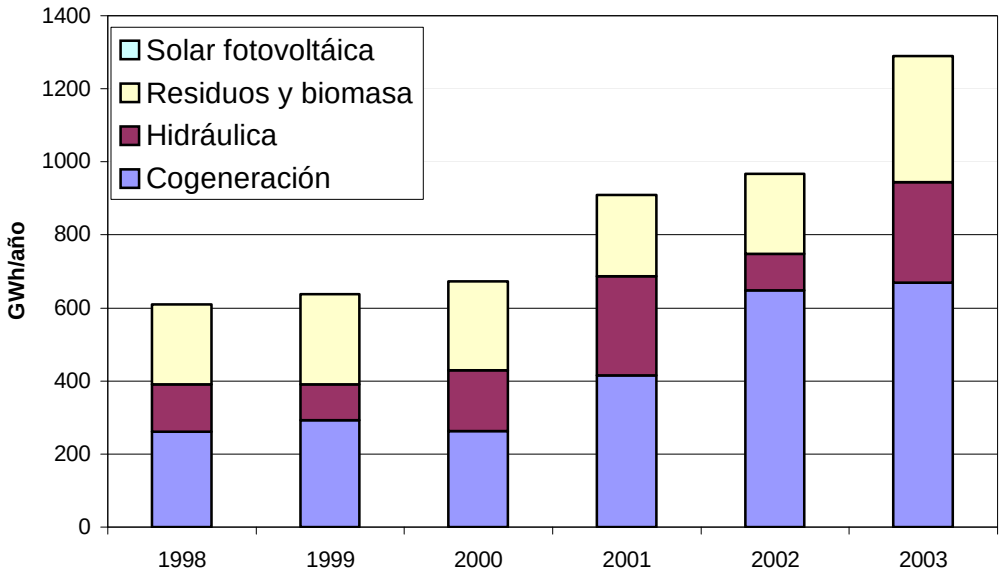


Figura 3. Generación eléctrica en la Comunidad de Madrid por tipo de tecnología.

1.3. Estimación de la demanda

Se prevé que la demanda energética en la Comunidad de Madrid esté sometida a un incremente notable, en función del desarrollo futuro de la región, en el que cabe destacar:

- Aumento de la actividad económica y de la población.
- Plan Barajas y ciudad aeroportuaria.
- Ampliación de la red de metro y trenes de cercanías.
- Ampliación de la red de trenes de alta velocidad.
- Aumento de la red de carreteras de la Comunidad de Madrid.
- Desarrollo de los nuevos PAU: viviendas, oficinas, centros comerciales.
- Construcción de nuevas infraestructuras públicas: hospitales, colegios, residencias de ancianos. Campus de la Justicia.
- Crecimiento vegetativo del consumo.

Las previsiones de crecimientos medios anuales realizadas por la Comisión Europea para los años 2000 al 2010 son el marco de referencia en el que se ha de ubicar la estimación del crecimiento de la Comunidad de Madrid.

Se ha estimado un crecimiento anual de la población del 1,3 %, notablemente superior al previsto para Europa. Para el Producto Interior Bruto (PIB) en la Comunidad de Madrid la estimación de incremento anual, en euros constantes, se encuentra entre un 1,2 % y un 4 %, con un incremento medio del 2,9 %. Este incremente viene avalado por la evolución precedente y por el dinamismo económico asociado a las nuevas iniciativas en los sectores productivos.

1.3.1. Balance de energía final, año 2012

Como conclusión de estas estimaciones sobre la evolución de la demanda, en la Tabla 3 se muestra, por sectores y por productos energéticos, el balance de energía final previsto para el año 2012.

Tabla 3. Balance de energía final (en ktep) previsto para el año 2012.

	Gas natural	Deriv. petróleo	Electricidad	Resto	Total
Agricultura	7	202	10	11	230
					1,69 %
Industria	641	331	572	122	1.666
					12,24 %
Servicios	177	45	1.300	2	1.524
					11,20 %
Doméstico	1572	666	1.083	87	3.408
					25,03 %
Transporte	0	6.649	136	0	6.785
					49,84 %
Total	2.397	7.893	3.101	222	13.613
	17,61 %	57,98 %	22,78 %	1,63 %	

En este balance no se incluyen, lógicamente, las partidas destinadas a generación de energía eléctrica, pues en este caso el consumo de energía final se contabiliza como electricidad.

En la Tabla 3 se aprecia que los derivados del petróleo seguirán teniendo una posición dominante en el consumo energético de la Comunidad de Madrid, aunque la expansión del gas natural será mucho más fuerte, y la participación de la electricidad también se incrementará porcentualmente.

Por sectores, el Transporte, el Doméstico y el de Servicios experimentarán los mayores crecimientos, contado siempre con que la base de estas estimaciones es de tipo tendencial. El efecto de las medidas de Ahorro y la Eficiencia Energética se analiza en el apartado siguiente.

1.4. Objetivos energéticos y líneas de actuación

1.4.1. Objetivos energéticos

El abastecimiento energético a la Comunidad de Madrid ha sido de muy alta calidad y fiabilidad en estos últimos decenios, y el Plan Energético tiene entre sus

fines principales mantener ese nivel, ya que el suministro energético es crucial para el bienestar general y para la actividad socioeconómica.

La Comunidad ha experimentado un desarrollo demográfico, económico y energético muy señalado en estos últimos años, y su proyección hacia el futuro hace previsible que en los próximos años ésta necesitará un suministro creciente de productos energéticos. En este escenario, además de las inversiones que el sector energético empresarial tendrá que acometer en la región, la Administración de la Comunidad de Madrid debe jugar un papel determinante en varios aspectos que han de articularse a través de una política energética propia destinada a alcanzar los siguientes objetivos energéticos:

- Adecuar la oferta de productos energéticos a la cobertura de necesidades, teniendo en cuenta las posibilidades reales de explotación de los recursos propios y las características y condicionantes de los mercados globalizados de productos energéticos. Mejorar la fiabilidad del suministro de electricidad, por actuaciones progresivas en toda la cadena de suministro (desde la generación al transporte y la distribución), particularmente a nivel de la generación, con la consiguiente mejora de la estabilidad de la red de alta tensión en la zona centro. Ampliación de las infraestructuras y medios de distribución de hidrocarburos a los niveles requeridos por nuestra Comunidad.

- Mejorar la eficiencia de uso de los productos energéticos, propiciando el ahorro y reduciendo la intensidad de consumo energético sin comprometer la competitividad de la actividad económica y sin reducir las cotas de bienestar de los madrileños. Reducir progresivamente la demanda de energía total prevista, y alcanzar para el año 2012 una disminución del 10 % respecto del consumo tendencial, pasando de 13,6 a 12,26 Mtep.

- Duplicación de la energía generada anualmente por fuentes renovables, desde niveles de 200 ktep/año a 400 ktep/año, por lo que estas fuentes pasarán de representar del 2,1 % del consumo total de la Comunidad al 3,4%.

- Minimizar el impacto ambiental de nuestro consumo energético, evaluando adecuadamente sus impactos a nivel local, nacional y mundial. Reducción del 10 % en la emisión anual de CO_2 energético al final del Plan, respecto del escenario previsible según las tendencias de consumo actuales.

Estos objetivos estratégicos se han de materializar en líneas de actuación, cada una de las cuales se ejecutará en función de sus características específicas y su relación con otras políticas de la Comunidad.

1.4.2. Ahorro y eficiencia energética

El ahorro y la eficiencia energética se configuran en la Unión Europea como políticas fundamentales de desarrollo energético, y a tal efecto se han promulgado varias directivas. En España, el Gobierno publicó a finales de 2003 la Estrategia Española para la Eficiencia Energética (E4) que sirve de marco de referencia para la planificación en este punto.

A pesar de los intentos en este ámbito, hay que señalar en España una persistencia de los hábitos de consumo, orientados éstos básicamente por los incentivos económicos, como es el caso de la dieselización de la flota automovilística española.

Habida cuenta de la estructura del consumo en nuestra Comunidad, existe cierto potencial de ahorro en el sector transporte, y en menor medida en el ámbito doméstico.

A ello se han de añadir las posibilidades presentadas por tecnologías emergentes y por la disponibilidad de combustibles alternativos, y con todo ello se configura un Plan Integral de Ahorro y Eficiencia Energética, basado en el aprovechamiento de toda la serie de actuaciones que conduzcan a gastar menos (ahorro) y gastar mejor (eficiencia), siendo el objetivo reducir progresivamente la demanda de energía total prevista y alcanzar para el año 2012 una disminución del 10 % respecto del consumo tendencial, pasando de 13,6 a 12,26 Mtep.

El efecto del ahorro se ha evaluado a través de los diferentes sectores y se ha cuantificado también su impacto en cada tipo de producto energético. En la Fig. 4 se muestra la evolución del escenario Base, que corresponde a la tendencia más probable con las pautas actuales de consumo, y el escenario Eficiente, en el que se reflejan las medidas expuestas a continuación.

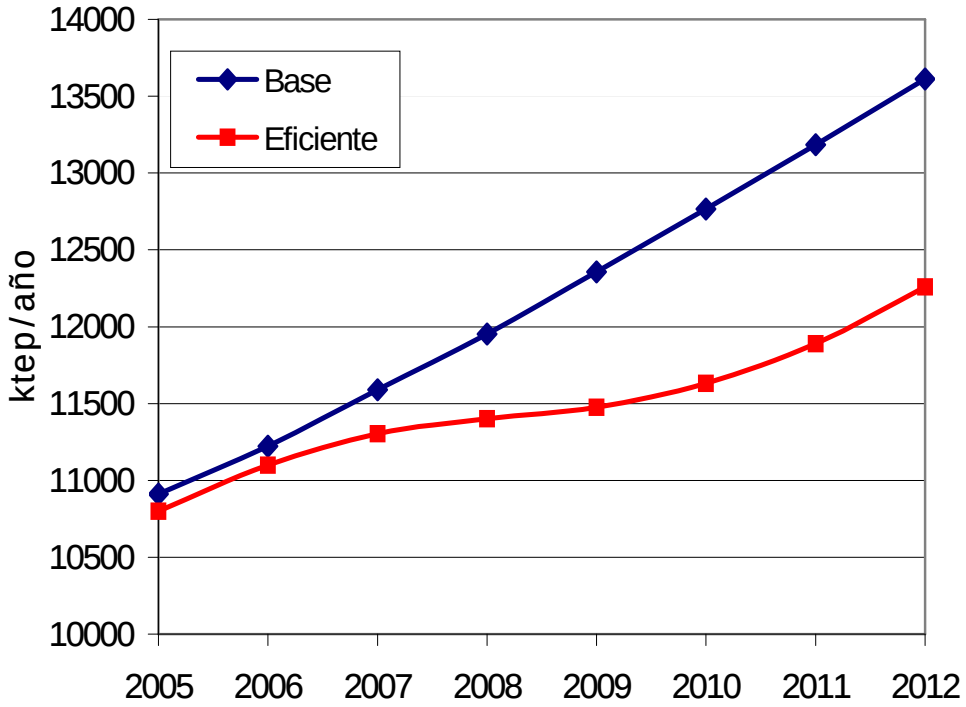


Figura 4. Estimaciones de la demanda total (en ktep/año) en los escenarios Base y Eficiente.

1.4.2.1. Actuaciones horizontales

A) Acuerdos con Ayuntamientos

Promoción de Convenios con las Administraciones locales para la ejecución de programas relativos a los objetivos energéticos del Plan. Estos programas se concretan en acciones tanto genéricas como sectoriales específicas, en ámbitos tales como el transporte con flotas especiales (vehículos híbridos, vehículos poli-combustible, etc.), o el ámbito doméstico (fomento de las energías renovables en la edificación, certificación energética de inmuebles, etc.).

B) Centro de Ahorro y Eficiencia Energética de Madrid

Potenciación de las actividades del Centro de Ahorro y Eficiencia Energética de Madrid para el mejor cumplimiento de los objetivos del Plan Energético y de sus líneas de actuación.

C) Desarrollo de normativa

Preparación de normativa ad hoc para su uso en los diversos ámbitos energéticos que necesiten apoyo, fomento y regulación para la sistematización de equipos, instalaciones, etc.

D) Formación

Impartición de cursos y seminarios en temas energéticos aplicados, particularmente en relación con las líneas de actuación del Plan que necesiten capacitación de profesionales a diversos niveles.

E) Difusión pública y concienciación

Promover el ahorro energético en los sectores doméstico, comercial y de servicios, mediante actividades de difusión, particularmente con las compañías suministradoras y las asociaciones profesionales de instaladores de equipamiento energético (de gas y electricidad principalmente), así como entre consumidores y usuarios.

Difundir a través de los medios de comunicación las campañas pertinentes de información sobre la realidad energética de nuestra Comunidad, y sobre las políticas y programas del Plan Energético.

F) Intensificación de inspecciones, certificaciones y programas de calidad

En el futuro será obligatoria la implantación de la Directiva 2002/91/CE relativa a la eficiencia energética de los edificios. Sin embargo, durante la

fase de transición de la implantación de la Directiva, a través del nuevo Código de la Edificación, se promocionará:

- La Certificación Energética de los edificios de las Administraciones Públicas en la Comunidad de Madrid.

- La formación de Certificadores Energéticos.

Se fomentarán las inspecciones sobre el cumplimiento de la legislación vigente en materia de Eficiencia Energética, teniendo en cuenta el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y el Etiquetado Energético en los electrodomésticos, en el alumbrado, en los equipos ofimáticos y en los turismos nuevos.

G) Mejora de rendimiento en equipos y sistemas

Estas mejoras se han de estimular en los campos donde la maquinaria, equipos y sistemas de reciente desarrollo proporcionan rendimientos notoriamente más altos, como son:

- Iluminación pública y privada (en diversos sectores), aprovechando la nueva tipología de luces y luminarias de alto rendimiento.

- Nuevos vehículos de automoción (sector transporte), incluyendo flotas de corte experimental con vehículos flexibles en el tipo de combustible, vehículos de tracción híbrida y otros.

- Control más eficiente en sistemas de calefacción y acondicionamiento de aire, en conexión con una mejor arquitectura bioclimática.

- Cogeneración de calor y electricidad, lo cual optimiza el aprovechamiento del combustible usado, generalmente gas natural (básicamente para los sectores industrial y de servicios; su plan

específico se expondrá en la parte sectorial, concretamente en las Transformaciones de la energía).

H) Sustitución y diversificación de combustibles y productos energéticos

- Empleo del gas natural en aplicaciones donde sea posible sustituir otros productos energéticos más caros o de mayor impacto ambiental.

- Cogeneración (ya citada, y desarrollada posteriormente en las Actuaciones Sectoriales).

- Combustibles alternativos en transportes, principalmente en flotas de suministro centralizado, o centralizable, de combustible, atendiendo al despliegue de biocarburantes y la línea de futuro que representa el hidrógeno. Además, con la aparición de la Directiva 2003/30/CE se persigue el objetivo de que los combustibles vayan adquiriendo un contenido en biocarburantes según un porcentaje que va en aumento, con lo que estaría justificado el fomento en la producción que sobre este producto se realice.

I) Fomento del uso de las energías renovables en su faceta de ahorro y eficiencia (además de su promoción directa)

Aplicación de fuentes de energía en sectores consumidores que puedan aceptarlas como generación sustitutiva de otros consumos. En particular, aplicación de la energía solar, térmica y fotovoltaica, en los sectores doméstico, comercial y de servicios, y aplicación de la biomasa térmica en sustitución total o parcial de combustibles fósiles.

1.4.2.2. Actuaciones sectoriales

A) Transportes

El Transporte es un sector clave de cara al ahorro energético, en el que cabe esperar un gran efecto en tal sentido como consecuencia de las medidas

generales en infraestructura viaria y del transporte colectivo. Las principales actuaciones serán:

- Promoción del transporte colectivo

  Impulsar el ahorro energético en el sector transporte mediante ampliación y mejora de gestión del transporte colectivo y su implantación más adecuada a la distribución demográfica y a la movilidad en la región.

  En el plazo del Plan, el ahorro en el sector transporte se prevé alcance la horquilla de 3-3,5 Mtep, con un valor final en el año 2012 de 800 ktep/año. La mayor parte de este ahorro provendría fundamentalmente de la reducción en km-viajeros derivada del mayor uso del transporte colectivo y de la mejora en el rendimiento del transporte en general.

- Fomento de combustibles alternativos

  Impulsar la diversificación energética en el sector transporte, incluyendo actuaciones con combustibles alternativos, particularmente en flotas de abastecimiento centralizado, que permitan el despliegue adicional de gas natural y GLP, la implantación de biocarburantes y que ayuden a la I+D del uso del hidrógeno para estos fines. Esta política será especialmente aplicable a autobuses urbanos y de cercanías, a vehículos del aeropuerto de Barajas, a vehículos de limpieza y recogida de R.S.U. y, en menor medida, al servicio del taxi. Esta medida afectará a lo largo del Plan a unos 250 ktep, en este caso de combustibles convencionales sustituidos, y tendrá como objetivo fundamental activar este campo de cara al futuro, de tal modo que se sienten las bases de una mayor diversificación de combustibles para el transporte.

Para impulsar esta medida, que afectará a diversos tipos de combustibles, será necesario potenciar la existencia de operatividad de flotas de

características adecuadas, en el terreno de vehículos polivalentes, de tracción mixta, de uso de biocarburantes, etc.

B) Doméstico

Éste es un sector donde la aplicación de ciertas medidas horizontales puede generar importantes beneficios energéticos. Las medidas propuestas son:

- Difusión pública y concienciación, con edición de folletos, y realización de campañas de prensa, jornadas y seminarios.

- Mejora de rendimiento en equipos y sistemas, merced a instalaciones más acordes con las necesidades reales, gracias a proyectos más precisos en sus prestaciones, y la adecuada elección de equipos.

- Sustitución y diversificación de combustibles y productos energéticos, promoviendo el uso de gas natural para aplicaciones satisfechas tradicionalmente por otros combustibles más contaminantes.

- Fomento del uso de las energías renovables, básicamente la solar térmica y la fotovoltaica, sobre todo la conectada a red.

- Información sobre el consumo de combustible y sobre las emisiones de CO_2 facilitada al consumidor en la comercialización de turismos nuevos (Directiva 1999/94/CE).

- Intensificación de inspecciones, certificaciones y programas de calidad (con su monitorización y seguimiento) para auspiciar el cumplimiento eficaz de la calificación energética de edificios. En particular se aplicará esta medida a:

  - Eficiencia energética de las instalaciones térmicas de los edificios establecidas por el RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios).

- Etiquetado energético de los aparatos electrodomésticos. (Directiva 92/75/CEE).

Además se prevé llevar a cabo, a través de la Consejería competente en materia de ordenación del territorio, un Plan de ayudas directas a nuevas edificaciones que satisfagan los requisitos pertinentes de ahorro energético.

Así mismo, se fomentarán acuerdos con Ayuntamientos con objeto de efectuar reducciones en las cuotas de impuestos tales como el de Bienes Inmuebles y el de Construcción, Instalaciones y Obras, cuando se den actuaciones demostradas de inversión en materia de ahorro y eficiencia energética.

El impacto energético de estas medidas a lo largo del Plan cabe cifrarlo en la horquilla de 1-1,4 Mtep.

C) Comercial y de servicios

Se prevé una aplicación de medidas sectoriales similar a la mencionada en el epígrafe anterior, particularmente en lo relativo a calificación energética de edificios y uso de energías renovables como sustitutorias de fuentes convencionales. Para ello se hará una actualización del Plan de Eficiencia Energética para los Establecimientos Comerciales de la Comunidad de Madrid, con actuaciones en ámbitos tales como la iluminación, el acondicionamiento térmico, etc.

Adicionalmente se potenciará la política de acuerdos y convenios con Ayuntamientos e instituciones y asociaciones, como el suscrito con el Ayuntamiento de Madrid en julio de 2002, y los suscritos con la Cámara de Comercio y la Asociación de Estaciones de Servicio.

Se prevé que el impacto de las suma de las medidas adoptadas en estos tres últimos sectores (doméstico, comercial y de servicios) producirá un ahorro, a lo largo del Plan, en la horquilla de 1,6-2 Mtep.

D) Industrial

Por su capacidad tecnológica y de mantenimiento, este sector presenta unos niveles muy altos de optimización del uso energético. Aún reconociendo esta realidad, se proponen las siguientes medidas:

- Aprovechar la estructuración geográfica en polígonos industriales para montar servicios comunes de tipo energético (gestionados en régimen corporativo o por terceras partes), incluyendo cogeneración con equipos centrales de potencia competitiva y coste de operación y mantenimiento proporcionadamente reducidos. Para ello podrían aprovecharse los Planes de Mejora promovidos por la Comunidad para incluir en ellos las iniciativas energéticas (además de las convencionales, como alumbrado, viales, Internet, etc.).

- Fomentar las auditorías energéticas en la industria, en su múltiple faceta de: edificios e instalaciones básicas; procesos; servicios auxiliares, etc.

- Puesta en marcha de un Plan Renove para renovación de maquinaria industrial, en aras a la actualización tecnológica y la eficiencia energética.

El impacto de ahorro de estas medidas ascendería a 325 ktep a lo largo del Plan, con un valor anual final, proyectable hacia más largo plazo, de 80-90 ktep/año.

E) Transformación de la Energía: Cogeneración

Se fomentará la cogeneración en el sector industrial y en el de servicios, patrocinando los estudios de viabilidad en aras a superar inconvenientes importantes como los derivados de la mínima potencia unitaria razonablemente explotable y la problemática del mantenimiento.

El incremento de potencia eléctrica en cogeneración, en el ámbito temporal del Plan, se cifra entre 300 y 400 MWe, que podrán contribuir al final del Plan con 1,4 TWh/año.

El potencial máximo previsible en este momento sería del orden de 1.500 MW utilizando al efecto la tecnología ya disponible (motores de gas, turbinas de gas, etc.) y la emergente (pilas de combustible). Una expansión hasta tales niveles permitiría entrar en el ámbito de la generación distribuida a escala apreciable.

1.4.3. Fomento de energías renovables

Dentro de los trabajos desarrollados para la elaboración del Plan Energético, se ha evaluado la potencialidad de cada una de las fuentes renovables más significativas en nuestra Comunidad, y se ha abordado una prospectiva que permite identificar el tipo de atención que cada una de ellas necesita para su desarrollo.

Se prevén tres tipos de actuaciones para el desarrollo de las fuentes renovables de energía y sus correspondientes cadenas de explotación: ayudas para estudios de viabilidad y demostración; ayudas para la promoción de tecnología y la I+D que la sustente; y subvenciones a las instalaciones. Estas ayudas se aplicarán de manera diversa a cada una de las fuentes renovables, teniendo en cuenta sus características específicas de madurez tecnológica y comercialización, el potencial energético de su explotación en la Comunidad, y el objetivo de fomentar las actividades empresariales y de centros tecnológicos en los subsectores correspondientes.

1.4.3.1. Biomasa

El potencial de la biomasa en la Comunidad de Madrid está relacionado con la superficie agrícola disponible. Se observa como las comarcas del sur de la Comunidad son las que concentran el mayor potencial de desarrollo de

aplicaciones de biomasa, pero no se deben considerar como el único ámbito de trabajo en este campo.

La producción de biocarburantes (bioetanol y biodiesel) en la Comunidad de Madrid es incipiente en estos momentos, contándose con la planta de biodiesel en Alcalá de Henares con una capacidad de producción de 5.000 t/año. Aunque inicialmente está contemplada la utilización de aceites usados como materia prima, sería aconsejable la utilización de aceites vegetales producidos mediante cultivos específicos (cardo o girasol) para complementar las necesidades de materia prima. Habida cuenta la disponibilidad de cultivos, se podrían fabricar 4 ktep/año de biodiesel según esta línea, e incrementar proporcionalmente la biomasa térmica.

El potencial máximo de producción de bioetanol con cultivos alcoholígenos de la Comunidad de Madrid se ha evaluado en algo más de 100.000 m^3 (= 56 ktep) /año, siendo la zona más adecuada para la instalación de una planta la Comarca de las Vegas. A lo largo del Plan se realizarán ensayos de nuevos cultivos alcoholígenos y los estudios de logística de acopio de la materia prima, así como los relativos a la viabilidad de la planta y de la explotación agroindustrial.

Por otro lado se ha de considerar el fomento de la utilización de biocarburantes en vehículos. Para ello se impulsará su uso en flotas de suministro centralizado o similar, que permitan la adquisición de la experiencia tecnológica necesaria para un adecuado despegue de estos combustibles alternativos.

Por último, en cuanto a la producción de electricidad a partir de biomasa, se propone impulsar la construcción de una central de 10 MW de potencia eléctrica con una inversión total necesaria de 15 M€.

1.4.3.2. Eólica

Por lo que corresponde a la energía eólica, su despegue en nuestra Comunidad aún no se ha iniciado, pero podría ser la de expansión masiva más inmediata. Ciertamente nuestra región no presenta vientos pronunciados y singulares, pero aún así su potencial es muy apreciable.

Un problema específico que presenta la Comunidad es que muchas de las zonas de alto potencial eólico están protegidas por razones medioambientales. No obstante, situaciones similares ha habido en otras regiones españolas que ya han experimentado un fuerte desarrollo eólico, por lo que parece alcanzable el objetivo propuesto.

En el horizonte del Plan Energético se podrían llegar a instalar 150-200 MW, con una producción de energía eléctrica que podría llegar a un máximo de 400 GWh anuales. No obstante, esta estimación está sometida a una serie de incertidumbres que son esencialmente de dos tipos: evolución de la potencia instalada; y valor real, en cada ejercicio, de la velocidad del viento en los emplazamientos construidos.

1.4.3.3. Residuos sólidos y lodos

Mediante la explotación de los residuos sólidos urbanos y de los lodos de depuradoras energéticamente valorizables, en el plazo del Plan se prevé aumentar la potencia actual instalada (80 MW) entre un 50 % y un 80 %, lo que representaría entre 40 y 65 MW de nueva planta. Se pasará de una generación actual, en energía primaria, de 83 ktep/año, a 128 ktep/año.

La nueva potencia instalada se concentrará en nuevas instalaciones de aprovechamiento de biogás procedente de la metanización de residuos (unos 20 MW) y en instalaciones de aprovechamiento de lodos de depuradoras (unos 40 MW).

1.4.3.4. Solar fotovoltaica

La potencialidad de esta fuente de energía por las condiciones de insolación de nuestra región, el alto nivel en I+D y la capacidad tecnológica de España en este campo, permiten plantear un plan de choque que cumpla con un objetivo de generación de 30 GWh/año, partiendo del nivel actual de 3,8 GWh/año.

La potencia pico instalada, con objeto de alcanzar el objetivo energético señalado, llegaría al nivel de 20 MWp, cifra que multiplicaría por 8 la potencia existente al comienzo del Plan.

El plan de choque propuesto permitiría además aglutinar esfuerzos industriales de diversas instituciones y empresas para conseguir el efecto buscado: sentar las bases de desarrollo de una nueva fase de esta energía, que ha de jugar un papel crucial en la sostenibilidad del sector energético a largo plazo.

El Plan prevé adicionalmente la promoción de Ordenanzas Municipales en el ámbito de la energía solar fotovoltaica, con características análogas a las que se han promulgado para la solar térmica de baja temperatura, pero atendiendo a sus características específicas. Para ello se elaborarán las bases técnicas pertinentes, con apoyo del IDAE, asociaciones profesionales e instituciones universitarias y de I+D, y se facilitarán a los municipios de la Comunidad de Madrid dichas bases con objeto de facilitar la elaboración de las Ordenanzas.

1.4.3.5. Solar térmica

La energía solar térmica puede ser aprovechada en baja temperatura y en alta temperatura. El potencial de la Comunidad de Madrid en el aprovechamiento de la energía solar es elevado, ya que se evidencian niveles de irradiación importantes, muy por encima de la media europea y cercana a las zonas más insoladas de Europa.

Se ha evaluado el potencial global de instalación de paneles solares térmicos, asumiendo en el Plan que en torno a un 30 % de ese potencial pueda ser instalado en su plazo de actuación, lo que coloca el objetivo en alcanzar 400.000 m^2 de paneles solares de baja temperatura instalados en la Comunidad de Madrid, partiendo de la situación de 2003, con 48.000 m^2.

Las actuaciones a seguir se basan en la puesta en marcha de las Ordenanzas Municipales que establezcan la obligatoriedad de la instalación de paneles solares en determinados supuestos. Esta medida permitirá reducir paulatinamente las subvenciones a la instalación.

Al final del Plan debería existir en nuestra Comunidad un sector productivo suficientemente capacitado como para hacer rentable la aplicación de las mencionadas Ordenanzas.

Se prevé en el plazo del Plan el incremento de la producción desde los 3 ktep/año actuales a 20 ktep/año.

Paralelamente, se prevé estudiar y abordar la generación de electricidad a partir de energía solar con concentración (alta temperatura). De esta tecnología existe en España un acervo científico de primer nivel, pero no se han dado las condiciones de promoción que la hayan permitido despegar.

Se abordarán en primer lugar los estudios de viabilidad de una central prototipo en un emplazamiento seleccionado, y para ello se propiciará un consorcio de I+DT con centros tecnológicos y universidades de la Comunidad con capacidad técnica en este campo.

También se prevé la realización de un proyecto emblemático de energía solar térmica: la construcción de una central heliotérmica de alta temperatura para la generación de electricidad, con una potencia nominal en el rango 10-20 MWe, y una producción anual de unos 20-30 GWh, en función de las características de captación de la planta, su capacidad de almacenamiento térmico, y la potencia nominal del turboalternador.

1.4.3.6. Resumen global sobre potencialidad de las energías renovables

En la Tabla 4 se muestra la producción energética anual procedente de fuentes renovables, con el valor que se tiene en la actualidad y el que se prevé en 2012. Se duplicaría la energía anual producida mediante estas fuentes, que en la actualidad es de 203,5 ktep anuales, y pasaría a 406 ktep.

Los incrementos principales se producirían como consecuencia de la introducción de la energía eólica, el desarrollo de la energía solar térmica y de la biomasa, así como la valorización energética de los residuos. Aunque el papel de la fotovoltaica no sería tan señalado en este plazo, medido en unidades homogéneas (ktep), se habrían puesto los cimientos de un desarrollo posterior que permitiría la

explotación eficiente de esta fuente, cuya potencialidad general a muy largo plazo ha sido reconocida internacionalmente.

TABLA 4. Producción de energía por fuentes renovables en la Comunidad de Madrid en 2003 y objetivos del Plan Energético en 2012.

Fuente	2003		2012	
	Energía anual	(ktep)	Energía anual	(ktep)
Biocarburantes	0	0	60 ktep	60
Biomasa eléctrica	0	0	30 GWh	10
Biomasa térmica	93,5 ktep	93,5	120 ktep	120
Eólica	0	0	400 GWh	35
Hidráulica	275 GWh	23,7	280 GWh	24
Residuos (RSU+Biogás)	345 GWh	83	500 GWh	128
Solar Fotovoltaica	3,8 GWh	0,3	30 GWh	2,6
Solar térmica de baja temperatura	3 ktep	3	20 ktep	20
Solar termoeléctrica	0	0	25 GWh	6,4
Total	-	203,5	-	406

1.4.4. Sinopsis final

Los resultados fundamentales del Plan en el año 2012 pueden resumirse como sigue:

- Duplicación de la energía generada anualmente por fuentes renovables, desde niveles de 200 ktep/año a 400 ktep/año, por lo que estas fuentes pasarán de representar el 2,1 % del consumo total de la Comunidad al 3,4 %.

- Reducción de un 10 % del consumo energético en el 2012, respecto del escenario tendencial previsible, por medidas de ahorro y eficiencia.

- Mejora de la fiabilidad del suministro de electricidad, por actuaciones progresivas en toda la cadena de centrales de generación e infraestructura,

particularmente a nivel de la generación, con la consiguiente mejora de la estabilidad de la red de alta tensión en la zona centro.

- Ampliación de las infraestructuras y medios de distribución de hidrocarburos a los niveles requeridos por nuestra Comunidad.

- Reducción del 10 % en la emisión anual de CO_2 energético al final del Plan, respecto del escenario previsible según las tendencias de consumo actuales.

1.5. Incentivos y ayudas

Desde 1998 la Comunidad de Madrid, a través de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, cuenta con una línea propia de ayudas para proyectos de eficiencia energética y de energías renovables, regulada y convocada anualmente a través de las correspondientes Órdenes del Consejero de Economía e Innovación Tecnológica. Este programa está cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

Los resultados de este programa en los últimos cinco años se muestran en la Tabla 5.

TABLA 5. Programa de subvenciones para energías renovables y ahorro energético.

AÑO	PROYECTOS SUBVENCIONADOS	INVERSIÓN (euros)	SUBVENCIÓN (euros)
2001	157	6.861.745	2.382.458
2002	249	7.785.315	4.281.834
2003	234	7.457.274	3.960.203
2004	233	12.287.036	5.460.905
2005	149	12.979.930	4.614.752

De los 149 proyectos subvencionados en 2005, han correspondido 93 a instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red y 11 a instalaciones

fotovoltaicas aisladas, con una potencia total de 1'5 MW, con lo que la potencia total instalada en la Comunidad de Madrid es ya cercana a 7 MW.

Se han subvencionado 22 proyectos de instalaciones solares térmicas, que han supuesto una superficie total de paneles de 2.550 m^2.

Del resto de proyectos apoyados, 9 corresponden a la realización por Ayuntamientos de planes energéticos, estudios y actividades divulgativas, 13 a cambios de calderas y un proyecto de I+D.

A partir de 2006 se ha desglosado este programa en dos líneas de subvenciones independientes, una para fomento de la eficiencia energética y otra para las energías renovables. En el programa de energías renovables se subvenciona a las empresas sólo para proyectos de I+D, y para personas físicas no se subvencionan las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red. Para estos casos se ha establecido una línea de apoyo a la financiación de proyectos a través de Avalmadrid, Sociedad de Garantía Recíproca de la Comunidad de Madrid.

Detallamos a continuación las principales características de estos programas.

1.5.1. Programa de Subvenciones para Promoción del Ahorro y la Eficiencia Energética

Norma reguladora

Orden 59/2006, de 11 de enero, de la Consejería de Economía e Innovación Tecnológica, por la que se regula la concesión de ayudas, cofinanciadas por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, para promoción del ahorro y la eficiencia energética y se convocan para el ejercicio 2006 (BOCM 30.01.06).

Beneficiarios

- Corporaciones locales.
- Otras entidades públicas.
- Instituciones sin ánimo de lucro.

- Comunidades de propietarios.
- Empresas.
- Personas físicas.

Actuaciones subvencionables y cuantía de las ayudas

A) Proyectos de ahorro y eficiencia energética.

- Ayuntamientos: 30 % de la inversión subvencionable.
- Comunidades de propietarios, sustitución de calderas a gas: 25 % calderas de condensación, 20 % calderas de baja temperatura, 15 % resto.
- Resto: 20 %.

B) Diagnósticos, auditorías, proyectos y estudios previos de instalaciones tipo A): 30 % de la inversión subvencionable, máximo 60.000 €.

C) Proyectos de investigación, desarrollo y demostración: 40 % de la inversión subvencionable.

D) Planes energéticos, estudios, consultorías, actividades divulgativas y actuaciones de carácter general: 40 % de la inversión subvencionable.

Cuantía máxima de las ayudas

70 % de la inversión en todos los casos, y

- 100.000 € para personas físicas.
- 100.000 € en tres años para empresas.
- 300.000 € para resto de beneficiarios.

Periodo de realización de la inversión

Desde el 1 de octubre de 2005 hasta el 15 de octubre de 2006.

Plazo de presentación de solicitudes

Desde el 31 de enero de 2006 hasta el 30 de marzo de 2006.

1.5.2. Programa de Subvenciones para Promoción de las Energías Renovables

Norma reguladora

Orden 86/2006, de 12 de enero, de la Consejería de Economía e Innovación Tecnológica, por la que se regula la concesión de ayudas, cofinanciadas por el Fondo Europeo para el Desarrollo Regional, para promoción de las energías renovables y se convocan para el ejercicio 2006 (BOCM 26.01.06).

Beneficiarios

- Corporaciones locales.
- Otras entidades públicas.
- Instituciones sin ánimo de lucro.
- Comunidades de propietarios.
- Empresas, sólo para proyectos de I+D.
- Personas físicas, salvo para instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red.

Actuaciones subvencionables y cuantía de las ayudas

A) Energías renovables.

- Solar térmica (excepto piscinas privadas, instalaciones obligatorias por Ordenanzas municipales o instalaciones de superficie inferior a 10 m², salvo que tengan carácter demostrativo): 25 a 175 €/m², según tipo de colector.
- Solar fotovoltaica (sistemas aislados o sistemas conectados a red de más de 5 kWp, o de potencia inferior que tengan carácter demostrativo, salvo que sean obligatorios por Ordenanzas Municipales): 4 €/Wp en sistemas aislados, 2 €/Wp conectados a red.
- Eólica (hasta 50 kW): 30 % de la inversión subvencionable.
- Biomasa y residuos: 30 %.

- Hidráulica (instalaciones nuevas o rehabilitación, hasta 10 MW): 30 %.
- Geotérmica: 40 %.
- Instalaciones mixtas: cuantía proporcional.

B) Proyectos de investigación, desarrollo y demostración: 40 % de la inversión subvencionable.

C) Estudios, consultorías, actividades divulgativas y actuaciones de carácter general (Ayuntamientos e instituciones sin ánimo de lucro): 40 % de la inversión subvencionable.

- Cuantía máxima de las ayudas

70 % de la inversión en todos los casos, y

- 100.000 € para personas físicas.
- 100.000 € en tres años para empresas.
- 300.000 € para resto de beneficiarios.

- Periodo de realización de la inversión

Desde el 1 de octubre de 2005 hasta el 15 de octubre de 2006.

- Plazo de presentación de solicitudes

Desde el 27 de enero de 2006 hasta el 27 de marzo de 2006.

1.5.3. Línea de Apoyo Financiero a Proyectos de Energías Renovables

- Normativa reguladora

Orden del Consejero de Economía e Innovación Tecnológica de subvención nominativa a Avalmadrid, S.G.R., entidad que lleva a cabo la gestión de este programa.

Beneficiarios

- Empresas.
- Empresarios autónomos.
- Particulares que vendan la energía producida, convirtiéndose en empresarios autónomos.

Actuaciones subvencionables

- Solar térmica (más de 10 m^2).
- Solar fotovoltaica (más de 5 kWp).
- Eólica (hasta 50 kW).
- Biomasa y residuos.
- Hidráulica (hasta 10 MW).
- Geotérmica.
- Instalaciones mixtas.

Cuantía de las ayudas

- Dos puntos del interés de las operaciones financieras, que se realizan a Euribor + 0,5.

- Comisiones de apertura, aval y estudio.

Plazos

- Cubre inversiones desde el 16 de enero de 2006.
- Vigente hasta el 15 de noviembre de 2006.

Capítulo

2

Gestión energética en edificios públicos

2.1. Introducción

La actualidad está marcada por dos hechos incuestionables. En primer lugar, la *incertidumbre energética*. Incertidumbre en las reservas existentes, en las fuentes de suministros, y ante la falta de alternativas viables a corto plazo.

Esta realidad ha hecho que nuestras distintas administraciones hayan tenido que reaccionar para intentar alargar los años de disposición de los actuales recursos y reservas promoviendo un uso más eficiente de los mismos.

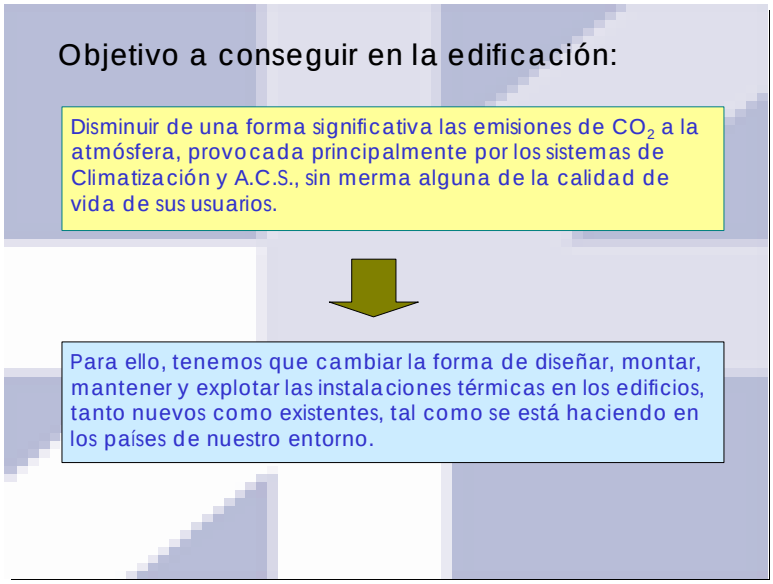
El sector de la construcción es uno de los mayores consumidores de energía ya sea de forma directa, en el propio proceso productivo y de explotación, como indirecta, por la fabricación de las materias primas utilizadas.

Además, las medidas a implantar sobre este sector son relativamente sencillas y con buenos resultados esperables a corto plazo, en comparación con otros sectores, con mayores inercias y complicaciones.

El otro hecho incuestionable es la *necesidad de preservar nuestro medioambiente* para las generaciones futuras.

Hay que mantener el crecimiento económico pero siempre bajo este criterio que hoy tan extendidamente se conoce como *Sostenibilidad*.

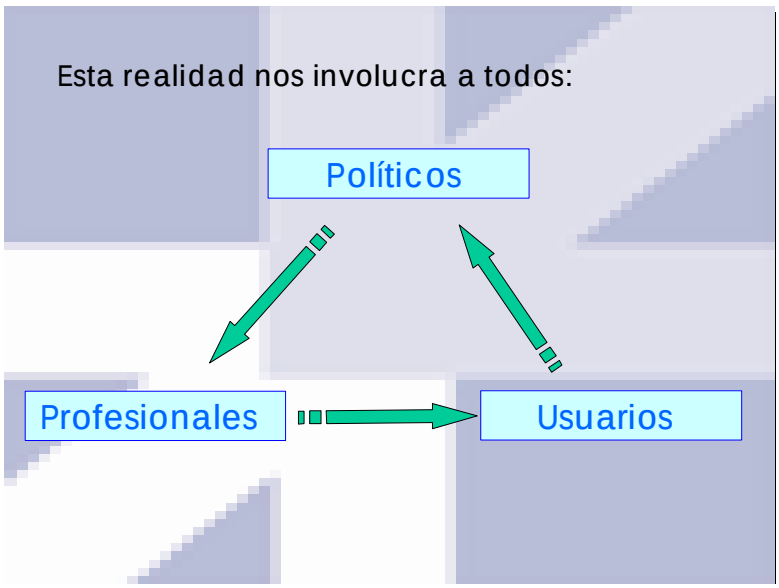
En esta situación, planteamos el siguiente objetivo a conseguir en el sector de la edificación, ya que todos tenemos la obligación de poner medios eficaces para solventar la situación creada por estos dos hechos.



Los políticos, mediante la propuesta e implantación de un marco regulatorio adecuado.

Los profesionales, desarrollando soluciones técnicas y tecnológicas que den respuesta a los requisitos dictados por la Administración.

Los usuarios, exigiendo la solución a la situación mediante elección de los políticos.



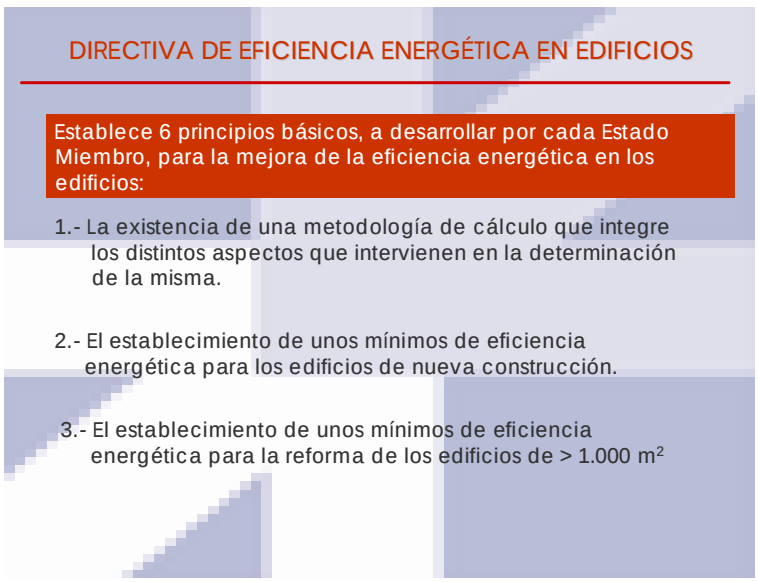
Los Políticos, en sus distintos ámbitos, ya se han puesto a trabajar. Estamos en una de aquellas situaciones en las que no podemos decir sino que nuestras distintas

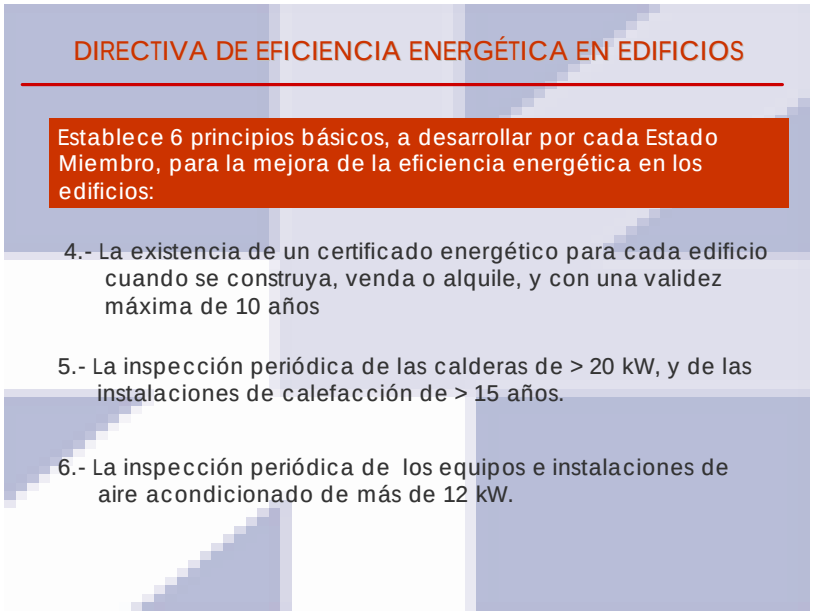
Administraciones han hecho los deberes. Al menos en forma. Otra cosa son los plazos.

Hace ya años que tenemos el Protocolo de Kyoto. Con todos sus problemas y con todas sus salvedades, es la primera vez que prácticamente todos los países del mundo han sentado las bases políticas para afrontar la cuestión energética y medio ambiental de una forma coordinada.

En enero de 2003, se publica en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas la Directiva de Eficiencia Energética de los Edificios (EEE) como parte del Plan de Acción de la Comisión para la mejora de la Eficiencia Energética, donde se solicita la toma de medidas específicas para el sector de los edificios en los países de la Unión.

Esta Directiva establece seis requisitos a desarrollar para la mejora de la eficiencia energética de los edificios que contemplan la existencia de una metodología de cálculo que integre los distintos aspectos que intervienen; el establecimiento de unos mínimos de eficiencia energética para los edificios de nueva construcción; el establecimiento de unos mínimos de eficiencia energética para reformas de edificios de mas de 1000 m^2 de superficie útil; la existencia de un certificado energético para cada edificio; el establecimiento de la inspección periódica de calderas de potencia nominal efectiva mayor de 20 kW; y el establecimiento de la inspección periódica de los sistemas de aire acondicionado de potencia nominal efectiva mayor de 12 kW.





El desarrollo de los requisitos específicos y la metodología que conduzcan al cumplimiento de estos seis principios básicos corresponde a cada Estado miembro, para lo cual la propia Directiva establece un plazo límite hasta el 4 de enero de 2006.

En España, el desarrollo reglamentario de la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE), el Código Técnico de la Edificación (CTE), contempla, dentro del capítulo de Habitabilidad, unos requisitos de Ahorro de Energía, los denominados HE.

Los objetivos de estos requisitos de Ahorro de Energía (HE) son reducir a límites aceptables el consumo de energía de los edificios y conseguir que parte del consumo proceda de energías renovables.

Se trata de limitar la demanda térmica tratando para ello el aislamiento térmico; el rendimiento de las instalaciones de iluminación; la producción de Agua Caliente Sanitaria por energía solar térmica; la energía solar fotovoltaica; y el rendimiento de las instalaciones térmicas, remitiéndonos, en este caso, a las exigencias del RITE.

Por otro lado, también en España, hay un nuevo proyecto de Reglamento de Instalaciones Térmicas (RITE) que transpone parcialmente la Directiva Europea

mencionada y que debe integrarse en el CTE como definidor de los rendimientos de las instalaciones Térmicas.

Tanto CTE como RITE se encuentran en fase de espera de ser aprobados, fuera de plazo, todo sea dicho, en cuanto a la necesidad de transposición de la Directiva EEE.

Mientras tanto las Administraciones locales se han adelantado y han puesto en vigor multitud de Ordenanzas solares que obligan a la implantación de sistemas solares térmicos en las instalaciones de producción de Agua Caliente Sanitaria.

Todo parece indicar que muy pronto el marco normativo va a ser más que propicio para la consecución del objetivo que hemos marcado anteriormente.

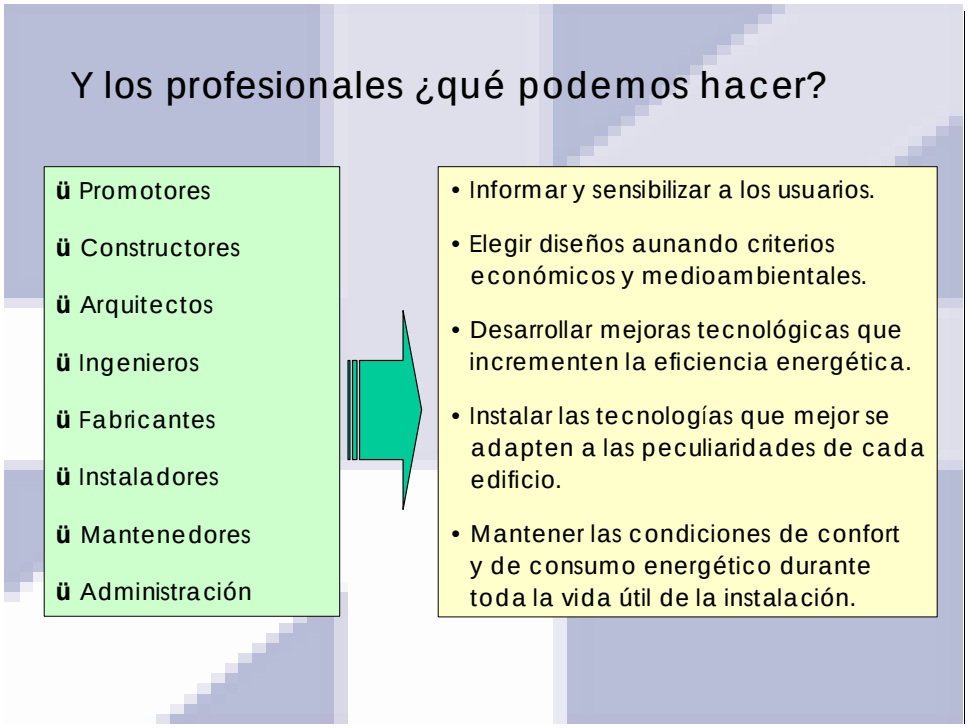
2.2. El gestor energético

Todos los profesionales que intervenimos en el proceso de la edificación tenemos que ponernos a trabajar en esta línea ya que todos tenemos la posibilidad y la capacidad de contribuir en alguna medida.

La parte prescriptita del proceso (promotores, arquitectos e ingenieros) informando a los usuarios y eligiendo los diseños que aúnen criterios económicos y medioambientales.

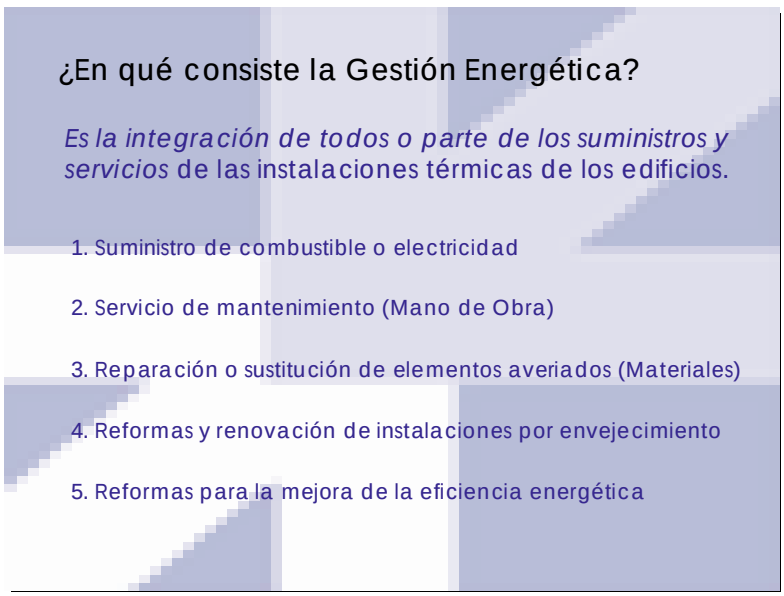
Los fabricantes deben aportar soluciones tecnológicas de mayor eficiencia y que mejor se adapten a las características de cada tipo de edificio.

Los instaladores y mantenedores deben evolucionar aportando valor al proceso, enriqueciendo el mismo mediante la retroalimentación de la información obtenida de la experiencia en la gestión de instalaciones.



En esta situación ya se comienza a hablar de la aparición en nuestro sector de una nueva actividad que tenga por objetivo de su negocio y fuente de ingresos la mejora de la eficiencia energética, de una forma similar a como ya existe en países centroeuropeos desde hace años. Hablamos de la Gestión Energética.

Supone la evolución del instalador-montador a gestor energético que integrará los servicios de suministro de combustible, mantenimiento correctivo y preventivo, renovación y mejora de las instalaciones para la mejora de la eficiencia energética.



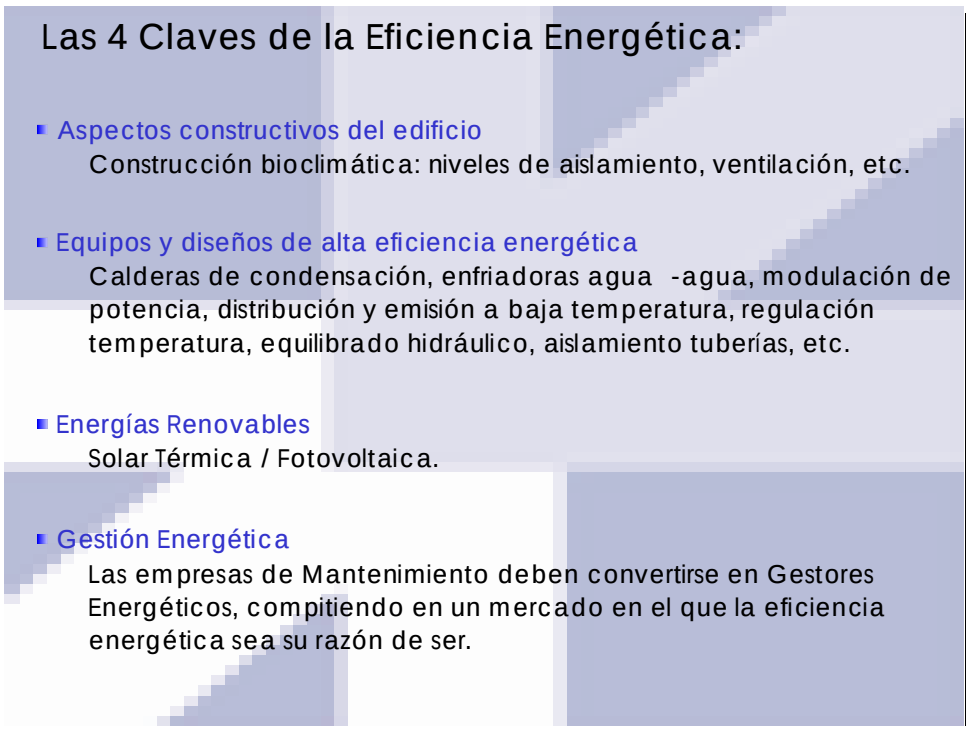
Esta nueva figura, el Gestor Energético, debe tener la capacidad de captar y tratar la información real de las instalaciones, con medidas continuas de su eficiencia, conociendo, en todo momento cual es el encaje entre las necesidades de los usuarios y la eficiencia energética de la instalación.

No hay duda de que la mejor manera de fomentar la mejora de rendimiento de las instalaciones es que vaya en la cuenta de resultados de alguien. Este alguien es el Gestor Energético.

Todos salimos beneficiados:

- La Sociedad, porque da solución a todas las cuestiones energéticas y medioambientales que ya hemos comentado.
- El usuario, al tener instalaciones mejor atendidas y más eficientes y, por tanto, más baratas en explotación.
- El sector, al mejorar el nivel tecnológico y técnico de todos sus actores.

Obviamente, no sólo de la gestión de las instalaciones térmicas dependerá la mejora de la eficiencia energética. A nuestro modo de ver existen, al menos, otros tres factores que forman, junto a la Gestión Energética, las cuatro claves de la Eficiencia Energética.



La Arquitectura jugará un papel cada vez más importante. Podemos afirmar que con la Gestión Energética y la aplicación de la tecnología adecuada de equipos más energías renovables, en condiciones de mercado existirá un techo que sólo podrá ser superado mediante la mejora en el diseño de los edificios.

En el futuro inmediato se irá imponiendo la necesidad de aunar los esfuerzos de todos los técnicos, arquitectos e ingenieros, para obtener resultados cada vez mejores y a menor coste.

Centrándonos en la Gestión Energética y el sector objetivo de este texto, el Público, la aplicación del nuevo modelo de gestión de instalaciones se puede llevar a cabo de dos formas distintas.

¿Cómo puede realizarse la Gestión Energética en un edificio público?

Modalidades de Contratación	Corto Plazo	Largo Plazo
1. Suministro de combustible o electricidad.		
2. Servicio de mantenimiento		
3. Reparación o sustitución de elementos averiados		
4. Reformas y renovación		
5. Reformas para la mejora de la eficiencia energética.		

1. Contrato a Corto Plazo (2 años prorrogables a 4 años)

El contrato incluiría los servicios 1, 2 y 3 de la descripción de Gestión Energética, es decir, suministro de combustible, mantenimiento y reposición de equipos averiados.

El recibo constaría de un término fijo, revisable anualmente con el IPC, por los conceptos de mantenimiento y reposición de equipos, y un término variable, en función de la energía térmica útil consumida para Calefacción y Climatización y el volumen de Agua Caliente Sanitaria suministrada.

¿Cómo puede realizarse la Gestión Energética en un edificio público?

Contrato a Corto Plazo (2/4 años)	Término Fijo	Término Variable
1. Suministro de combustible o electricidad.		Consumo según tarifa vigente
2. Servicio de mantenimiento	Revisable anualmente (IPC)	
3. Reparación o sustitución de elementos averiados	Revisable anualmente (IPC)	
4. Reformas y renovación		
5. Reformas para la mejora de la eficiencia energética.		

Mayor independencia por parte del contratante. (mayor garantía de servicio)

Si es necesaria una reforma, renovación o mejora siempre se puede pasar al modelo LP

2. Contrato a Largo Plazo (10 años prorrogables a 20 años)

El contrato incluiría todos los servicios que hemos descrito como incluidos en la Gestión Energética, es decir, además de los anteriores, las reformas y renovación más las obras de mejora.

El recibo incluiría, igualmente, un término fijo, revisable anualmente con el IPC, por los conceptos de mantenimiento, reposición de equipos y la financiación de las inversiones necesarias por reformas, renovaciones y mejoras; y un término variable, en función de la energía térmica útil consumida para Calefacción y Climatización y el volumen de Agua Caliente Sanitaria suministrada.

La gran ventaja del modelo a corto plazo es el grado de libertad que tiene el usuario para cambiar de gestor, si el servicio no responde a sus expectativas.

Hay que tener en cuenta las limitaciones que puedan existir en la Ley de Contratos del Estado para poder llegar a contrataciones del modelo a Largo Plazo en Edificios del Sector Público.

¿Cómo puede realizarse la Gestión Energética en un edificio público?

Contrato a Largo Plazo (>10 años)	Término Fijo	Término Variable
1. Suministro de combustible o electricidad.		Consumo según tarifa vigente
2. Servicio de mantenimiento	Revisable anualmente (IPC)	
3. Reparación o sustitución de elementos averiados	Revisable anualmente (IPC)	
4. Reformas y renovación	Según Intereses	
5. Reformas para la mejora de la eficiencia energética.	Según Intereses	

Vinculación a Largo Plazo con el Gestor. Más dificultades para cambiar de Gestor.

La titularidad de la instalación será, en todo caso, de los propietarios del edificio.

Nos consta que el IDAE ha elaborado una propuesta de modelo de *Contrato de Servicios Energéticos para Edificios Públicos* para salvar las barreras legales y administrativas que hoy por hoy existen.

A nivel general podemos concluir que nos encontramos ante un nuevo modelo de gestión de instalaciones que aporta un gran numero de ventajas:

1. El usuario se centra en su actividad, olvidándose de aquellos procesos ajenos a la misma.
2. El coste total será el mismo, para un mismo nivel de confort.
3. Se simplifica la gestión administrativa (concursos, facturación, etc.).
4. Se consiguen los objetivos medio ambientales.
5. Mejora la futura calificación energética del edificio.
6. Los Gestores Energéticos tendrán que estar al tanto de las ultimas tecnologías en eficiencia energética y de la conveniencia de su implantación, para la mejora de sus resultados económicos.

La introducción de este modelo de gestión debería hacerse siguiendo una serie de pasos previos para garantizar su culminación exitosa.

Es necesario *Evaluar el Techo de Coste* para lo que se hace necesario calcular el coste de los suministros y servicios térmicos en los edificios públicos, con todos sus conceptos.

En algún caso será necesario la instalación de contadores eléctricos para segregar consumos distintos de los estudiados.

Igualmente, hay que Evaluar el Confort Demandado. Esto sólo se puede hacer midiendo energía térmica útil anual aportada a cada edificio y el volumen de agua caliente sanitaria consumida también de forma anual, para lo cual no hay más opción que recurrir a la instalación de contadores tanto de energía como de agua.

Es fundamental trabajar sobre los modelos de contratación y definir el *modelo de Contrato de Gestión Energética*. Para ello nos podemos valer del trabajo ya desarrollado por el IDAE, antes mencionado.

Por último, habría que convocar un concurso por cada edificio a gestionar. Entendemos que el trabajo previo y el proceso administrativo de adjudicación y contratación debe ser específico para este servicio ya que, de otra forma, el riesgo de fracaso es elevado.

Concluyendo, estamos ante un nuevo modelo de gestión, una nueva forma de entender las instalaciones térmicas, que viene de la mano de un marco legislativo adecuado y que está totalmente enfocado a la mejora de la eficiencia de las instalaciones.

La Administración debe servir de modelo al resto de la Sociedad y ser pionera en la implantación en sus edificios de modelos totalmente alineados con las políticas y legislación que de la propia Administración dimana.

Para ello es necesario tomar precauciones y fomentar ciertos cambios en los procesos administrativos y en la propia legislación de contratación.

Capítulo

3

Los contratos de servicios energéticos y mantenimiento en edificios municipales

3.1. Introducción

La Asociación Española de Empresas de Mantenimiento Integral de Edificios, Infraestructuras e Industrias (AMI) tiene como objetivos la promoción y la defensa de la imagen y del prestigio del sector del mantenimiento integral de edificios promoviendo el desarrollo de un marco legal que regule las actividades propias de las empresas asociadas. De esta forma la AMI participa en el desarrollo de modelos de contratación pública en relación con el sector del mantenimiento, forma parte de grupos de trabajo y de expertos dentro de diversos proyectos de la Administración Pública (RITE, IDAE, Proyecto de Certificación Técnica de Edificios) y colabora en el desarrollo de la normativa europea relacionada con el sector del mantenimiento y la gestión energética.

Fruto de dicho trabajo resulta el Borrador de Contrato de Servicios energéticos y mantenimiento en edificios municipales, publicado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), en colaboración con la AMI y la Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP).

La razón estratégica del IDAE es promocionar en España la eficiencia energética y el uso racional de la energía, así como apoyar la diversificación de las fuentes de abastecimiento e impulsar la utilización de las energías renovables, con el objetivo de desarrollar y consolidar un modelo energético basado en la seguridad, la calidad y la sostenibilidad. De esta forma, el Instituto lleva a cabo acciones de difusión, sensibilización, asesoramiento técnico, desarrollo y financiación de proyectos innovadores, que formen, informen y sirvan de ejemplo a todos los sectores consumidores de energía.

Es por ello por lo que la Administración ha decidido fomentar y poner en marcha un modelo de Contrato de Servicios Energéticos y Mantenimiento en

Edificios Municipales. Con este contrato se respetan los procedimientos y la normativa de la Administración Pública, y permite integrar el mantenimiento y la prestación de servicios energéticos, con importantes niveles de ahorro.

El Contrato es una aportación más para tratar de obtener el importante potencial de ahorro de energía que existe en el sector municipal, potencial que es, sin embargo, difícil de realizar, debido a una serie de barreras que lo dificultan:

- El desconocimiento de las ventajas energéticas, económicas y medioambientales de utilizar tecnologías y sistemas de gestión más eficientes energéticamente frente a las actuales.

- Barreras de tipo administrativo o legal.

España mantiene desde hace 30 años un notorio crecimiento del consumo de energía y de la intensidad energética. Nuestra creciente y excesiva dependencia energética exterior y la necesidad de preservar el medio ambiente y asegurar un desarrollo sostenible, obligan al fomento de fórmulas eficaces para un uso eficiente de la energía y la utilización de fuentes limpias. Por tanto, el crecimiento sustancial de las fuentes renovables, junto a una importante mejora de la eficiencia energética, responde a motivos de estrategia económica, social y medioambiental, además de ser básico para cumplir los compromisos internaciones en materia de medio ambiente.

Si bien es cierto que en la actual legislación en materia de eficiencia y ahorro energético destacan las actuaciones en los edificios y, concretamente, en las certificaciones técnicas de los edificios, el comportamiento térmico de los componentes de los edificios, renovaciones de calderas y aparatos de refrigeración en los mismos, etc., es evidente que el factor más importante para conseguir un ahorro significativo en el consumo energético en los edificios nuevos o existentes es contar con un adecuado asesoramiento en el día a día del uso del edificio.

Gran cantidad de los problemas de uso no eficiente de la energía en la industria y los servicios se deben a la gestión inadecuada en la administración de

estos recursos y no a la capacidad o actualización de la tecnología productiva o de servicios existente. La gestión energética se hace generalmente tan cíclica como lo son los aumentos y caídas de los precios de los recursos energéticos primarios que se consumen. Sin embargo, en los últimos tiempos el crecimiento del coste energético ha pasado a ser parte preocupante y creciente dentro de los costes de producción y los métodos tradicionales de administración de los recursos energéticos no logran bajarlos sin realizar grandes inversiones en cambios de tecnología.

Foto 1. Generadores de energía.

Existe un camino que logra reducir y controlar los costes energéticos actuales en la industria y los servicios: el contrato de Servicios Energéticos y Mantenimiento, contrato que surge teniendo en cuenta la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos que pretende conseguir a nivel nacional un ahorro energético en el sector público. En este texto se abordará el cómo y porqué la energía debe ser gerenciada por medio del Contrato de Servicios Energéticos y Mantenimiento.

3.2. El gestor energético

A nivel Global los beneficios de la eficiencia energética son la reducción de las emisiones contaminantes y la contribución al desarrollo sostenible. A nivel de

Nación, la conservación de los recursos energéticos límites, la mejora de la seguridad energética, la reducción de las importaciones de energía y la reducción de costes que pueden ser utilizados para el desarrollo. A nivel de Empresa el incremento de la eficiencia energética reduce las cuentas de energía, incrementa la competitividad, eleva la productividad y las ganancias.

Es práctica común actuar sobre los consumos energéticos y no sobre la eficiencia energética, lo cual se explica porque es el consumo lo que se contrata y lo que se paga. La gestión empresarial sobre la energía se limita, en la generalidad de los casos, a obtener un buen contrato de energía y monitorear los cambios en la cuenta mensual y la variación del índice de consumo en el tiempo, observando oportunidades de cambios tecnológicos que pueden disminuir el consumo energético, pero que generalmente tienen sus causas en problemas de mantenimiento que afectan a la producción.

En estos casos, estamos actuando sobre el efecto y no sobre la causa del problema que deseamos resolver: reducir los costes energéticos. Y en no pocas ocasiones este esfuerzo se manifiesta infructuoso, con resultados cíclicos de altas y bajas.

Normalmente, el principal problema son los hábitos de uso de la energía de la sociedad que deben ser mejoradas. Cambiando estos hábitos, utilizaremos la energía más eficientemente y, como consecuencia, ahorraremos energía y, normalmente, también dinero. La figura del Gestor Energético posibilita un cambio en la política energética de cada Edificio, asumiendo la compra y el compromiso de asegurar el suministro energético de combustibles y electricidad de todo el edificio, así como su control de calidad, cantidad y uso, con las consiguientes garantías de aprovisionamiento.

El Gestor Energético será el responsable de todas las utilidades energéticas que necesite el edificio para su funcionamiento, buscando una triple finalidad: Calidad, Servicio y Precio reducido .

El Gestor Energético asesorará a las entidades y particulares en el cumplimiento de normativas como el Código Técnico de la Edificación (CTE) o el

Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios, cumpliendo así con la nueva Directiva europea en materia de eficiencia energética.

Gestionar la eficiencia energética significa identificar dónde están las pérdidas energéticas del sistema que impactan los costes, clasificar estas pérdidas relativas a los procedimientos y relativas a la tecnología, establecer en tiempo real indicadores de eficiencia (que no es el índice de consumo) que permitan controlar y reducir las pérdidas relativas a los procedimientos, evaluar técnica y económicamente los potenciales de reducción de las pérdidas relativas a la tecnología y contar con un plan estratégico a corto, medio y largo plazo con metas alcanzables y entendidas por todos los actores claves.

La gestión energética tiene un objetivo final: lograr la máxima reducción de los consumos energéticos, con la tecnología productiva actual de la empresa y realizar los cambios a tecnologías eficientes en la medida que éstos sean rentables de acuerdo a las expectativas financieras de cada empresa. Lograr este objetivo de forma continua requiere organizar un sistema de gestión, cambios de hábitos y cultura energética.

Existen incentivos que en el orden práctico impulsan a las empresas a actuar sobre la reducción de sus consumos energéticos: la inestabilidad y el crecimiento de las tarifas de energía, la fuerza creciente de las legislaciones ambientales que abordaremos en el apartado siguiente, la incorporación de la gestión ambiental a la imagen competitiva de la empresa, etc.

Muchos problemas asociados con el uso de la energía son debidos a problemas de gestión y no de tecnología. Se deben a la estructura empleada por la dirección para coordinar los esfuerzos en la reducción de los costes energéticos. La tendencia es depender de rápidos y temporales cambios de métodos o tecnologías, en lugar de establecer un sistema estructurado de mejora y culturización continua.

El ejemplo más claro que podemos indicar es el de dos coches exactamente iguales, conducidos por dos conductores distintos, ambos tienen gastos muy

diferentes. El por qué está claro, no vale con diseñar un motor eficiente (en nuestro caso un edificio eficiente) sino que hay que gestionarlo día a día, para que su periodo de vida sea el máximo posible.

La solución a esta situación es la creación de un sistema de gestión energética mediante un Contrato de Servicios Energéticos y Mantenimiento en edificios, con el compromiso y apoyo de la alta dirección de la empresa o Institución.

3.3. Situación energética actual: aspectos normativos

En el contexto del Protocolo de Kyoto, el aumento de la eficacia energética ha pasado a ser, ahora más que antes, un elemento importante de la estrategia comunitaria. En abril de 2000 la Comisión aprobó un Plan de acción para aumentar la eficacia energética en la Comunidad Europea. El programa SAVE tenía por objeto fomentar la adopción de medidas en el campo energético y fue el instrumento de coordinación principal de este Plan.

En este contexto, la Comisión aprobó en mayo de 2001 una propuesta de directiva sobre la eficacia energética en los edificios existentes que prevé una metodología común para las normas mínimas de rendimiento energético. La Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, relativa a la eficiencia energética de los edificios es la que actualmente establece el principal marco normativo en que navega la situación energética de nuestro país. Esta Directiva pretende garantizar que las normas para la construcción de edificios de toda Europa concedan una gran importancia a la reducción del consumo de energía y establecer un marco común destinado a fomentar la mejora del rendimiento energético de los edificios.

Establece una metodología común para calcular la eficiencia energética de un edificio teniendo en cuenta las condiciones climáticas locales. Asimismo, los Estados Miembros deberán establecer unas normas mínimas de eficiencia energética que se aplicarán tanto a los nuevos edificios como a los grandes edificios ya existentes que sean objetivo de importantes obras de remodelación.

Estas normas se aplicarán a todos los edificios nuevos construidos a partir de enero de 2006. Además los edificios grandes de más de 1000 m² serán objeto de un estudio completo de viabilidad de los sistemas de calefacción y abastecimiento energético alternativos antes de su construcción.

Se establecen unos sistemas de certificación de eficiencia energética de edificios nuevos y existentes, certificados de eficiencia energética que deberán exponerse públicamente en los edificios grandes de más de 1000 m². Por otra parte establece la obligatoriedad de inspecciones regulares de las calderas y los sistemas de aire acondicionado en grandes edificios residenciales, bloques de apartamentos, edificios comerciales y públicos.

La entrada en vigor de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas necesarias para dar cumplimiento a la Directiva debería efectuarse antes del 4 de enero de 2006 y comprenderán:

- La aprobación, mediante Real Decreto, del nuevo Código Técnico de la Edificación. El Código Técnico de la Edificación, es el desarrollo reglamentario de la Ley de Ordenación de la Edificación y marco normativo que establece las exigencias básicas de calidad de los edificios y de sus instalaciones, de tal forma que permita el cumplimiento de los requisitos básicos de la edificación fijados en la propia Ley.

Foto 2. Cuadro eléctrico en el interior de un edificio.

- La revisión y aprobación, mediante Real Decreto, del nuevo Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). Esta normativa regula las condiciones que deben cumplir las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria y con su revisión se pretende adecuar esta normativa a las directivas europeas y coordinarla con el Código Técnico de la Edificación.

- La aprobación, también mediante Real Decreto, del procedimiento de Certificación Energética de Edificios, herramienta informática denominada CALENER (Calificación Energética de Edificios) que va a permitir que los técnicos habilitados y las administraciones competentes, en nuestro caso las Comunidades Autónomas, puedan elaborar el Certificado de Eficiencia Energética exigido por la normativa comunitaria que establece que cuando los edificios sean construidos, vendidos o alquilados se ponga a disposición del propietario, del comparador o del inquilino dicho Certificado que tendrá una validez de diez años.

Existe ya un Proyecto de Real Decreto de Certificación Energética de Edificios de nueva construcción publicado por el IDAE, excluyendo su aplicación a aquellas edificaciones que por sus características de utilización deban permanecer abiertas, las construcciones provisionales con un plazo previsto de utilización igual o inferior a dos años, los edificios industriales y agrícolas, en la parte destinada a procesos industriales, agrícolas o de otro tipo y finalmente, los edificios asilados con una superficie útil total inferior a 50 m^2.

Con el fin de facilitar el cumplimiento de este Real Decreto se establecen los denominados documentos para la Certificación Energética, que se definen como documentos externos e independientes, sin carácter reglamentario, pero que cuentan con el reconocimiento del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y del Ministerio de la Vivienda.

El Órgano competente de la Comunidad Autónoma establecerá, en su caso, qué parte de la certificación requiere un control externo, su alcance y el procedimiento a seguir para realizarlo. El certificado de eficiencia energética

tendrá una vigencia máxima de 10 años, a partir de los cuales, el edificio pasará a ser considerado como edificio existente, a los efectos de la certificación energética.

En la Fig. 1 se expone un modelo de etiqueta de certificación energética de edificios en el territorio español.

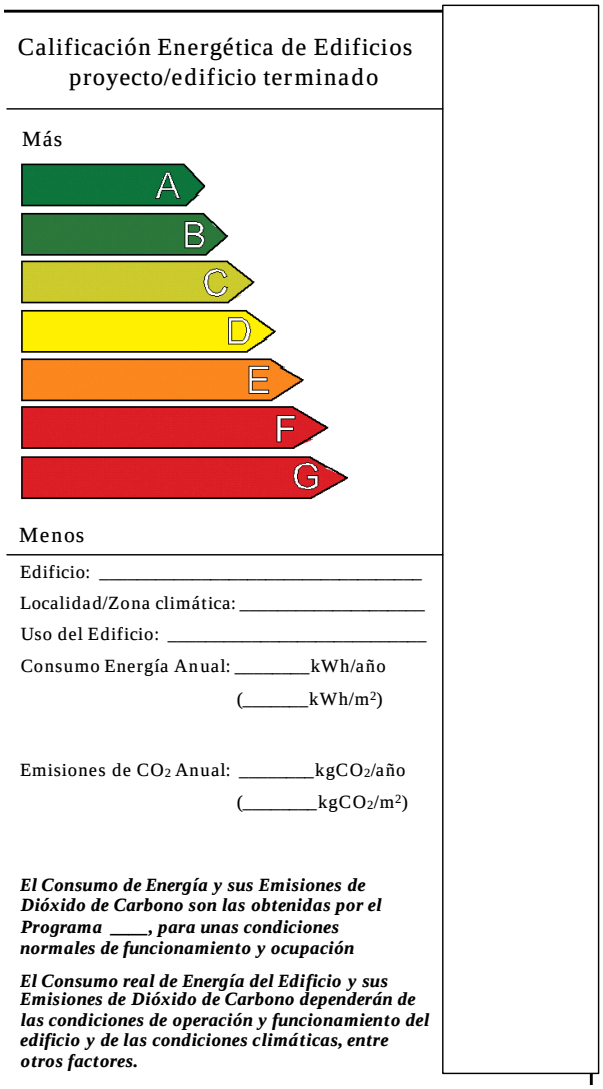


Figura 1. Modelo de etiqueta de certificación energética.

La obtención del certificado de eficiencia energética otorgará el derecho de utilización, durante el periodo de vigencia de la misma, de la etiqueta de certificación energética, que podrá ser incluida en los carteles de obra, en la información comercial, en la publicidad relativa al edificio, así como en el propio edificio, debiendo figurar siempre, de forma clara e inequívoca junto con la etiqueta, si se refiere al certificado del proyecto o al edificio terminado.

Todos los edificios de la Administración Pública o Instituciones que presten servicios públicos a un número importante de personas y que, por consiguiente, sean frecuentados habitualmente por ellas, con una superficie útil superior a 1000 m^2, exhibirán de forma obligatoria, en lugar destacado y claramente visible por el público, la etiqueta de certificación energética.

En la Tabla 1 se representa una calificación energética de los edificios a titulo de ejemplo, pendiente de la propuesta del CEN/CT 89/WG4. La calificación energética asignada al edificio será la correspondiente al índice de calificación energética obtenido por el mismo dentro de una escala de seis letras, que va desde la letra A (edificio más eficiente) a la letra G (edificio menos eficiente).

TABLA 1. Tabla de calificación energética del edificio.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO	ÍNDICE DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA: I
A	$I < 60$
B	$60 \leq I < 70$
C	$70 \leq I < 80$
D	$80 \leq I < 100$
E	$100 \leq I < 120$
F	$120 \leq I < 140$
G	$140 \leq I$

Este certificado se va a constituir en documentación técnica y administrativa de singular importancia, en la medida que va a reflejar cuál es el nivel de eficiencia energética de las viviendas que se van a poner en el mercado en los próximos años. Servirá además para incorporar una mayor transparencia en el mismo y aportar elementos de competitividad entre las promociones.

En España esta incorporación se está realizando actualmente con el Plan de Acción 2005-2007 del Gobierno que para el sector de la edificación pretende que los edificios nuevos cumplan con unos requisitos mínimos de eficiencia energética,

introducidos en la fase de diseño, estableciéndolos mediante normativa obligatoria. De igual forma, se pretende proporcionar al futuro comprador o usuario del edificio información sobre la eficiencia energética del mismo, de manera que éste disponga de un criterio objetivo a la hora de tomar decisiones relativas a la compra o alquiler del edificio.

Cuatro son los objetivos principales de este Plan de Acción:

1. Concretar las medidas y los instrumentos necesarios para el lanzamiento de la estrategia en cada sector.
2. Definir líneas concretas de responsabilidad y colaboración entre los organismos involucrados en su desarrollo, concretamente la Administración General del Estado, las Comunidades Autónomas y las Entidades Locales.
3. Planificar la puesta en marcha de las medidas, identificando las formas de financiación, las necesidades presupuestarias, las actuaciones prioritarias y el ritmo de puesta en práctica.
4. Evaluar los ahorros de energía asociados, los costes y las emisiones de CO_2 evitadas para cada medida y para todo el Plan en su conjunto.

El pasado 19 de Mayo de 2005, el Parlamento Europeo publicó una Propuesta de Directiva sobre la eficacia del uso final de la energía y de los servicios energéticos (*Proposal for a Directive of the European Parliament and for the Council on energy enduse efficiency and energy services*).

La finalidad de esta propuesta es fomentar el uso final rentable y eficiente de la energía:

- Aportando los objetivos, los incentivos y las normas generales institucionales, financieras y jurídicas necesarias para eliminar los obstáculos existentes en el mercado y los fallos actuales en el uso eficiente de la energía.

- Desarrollando el mercado de servicios energéticos, programas de eficiencia energética y otras medidas de eficiencia energética destinadas a los usuarios finales.

La propuesta se aplica a la distribución y la venta al por menor de energía a los clientes finales, así como a la venta al por menor, el suministro y la distribución de amplios vectores energéticos por red como la electricidad y el gas natural, así como otros tipos de energía como la calefacción urbana, el gasóleo para calefacción, el carbón y el lignito, los productos energéticos forestales y agrícolas y los carburantes.

Los Estados Miembros deberán cumplir determinados aspectos:

- Fijar y cumplir un objetivo anual de ahorro de energía. El objetivo será un ahorro anual de energía equivalente al 1 % de la cantidad de energía distribuida o vendida a los consumidores finales en el año de referencia de acuerdo con el anexo I de la Propuesta.

- Nombrarán a una o varias autoridades u organismos independiente del sector público existentes o nuevos para que se encarguen del control general y sean responsables de la vigilancia de las normas generales para alcanzar esos objetivos.

- Fijarán y cumplirán un objetivo obligatorio de ahorro energético anual en el sector público mediante la adquisición de servicios energéticos, programas de energía y otras medidas de eficiencia energética. El objetivo del sector público consistirá en un ahorro anual mínimo del 1,5 % de la energía distribuida o vendida.

- Nombrarán a una o varias organizaciones existentes o nuevas que se responsabilizarán de la administración, gestión y aplicación de las disposiciones necesarias para la consecución del objetivo en las adquisiciones públicas.

En ese contexto, las obligaciones podrán englobar los siguientes elementos:

- los requisitos sobre el uso de instrumentos financieros para el ahorro de energía, tales como la financiación por terceros y los contratos sobre rendimiento energético,

- los requisitos para comprar equipos y vehículos eficientes energéticamente,

- los requisitos para comprar productos que consuman poca energía.

Se instaurarán regímenes de cualificación, certificación y acreditación para los proveedores de servicios energéticos.

Foto 3. Instalación de caldera en edificio.

Esta Directiva, actualmente en fase de estudio, tiene como propósito mejorar la eficacia del uso final de la energía en los Estados Miembros estableciendo unas metas comunes y proporcionando mecanismos e incentivos para ello, constituyendo, asimismo, el marco institucional, económico y legal en el que trabajar para eliminar las barreras y las imperfecciones existentes en el mercado para un eficiente uso final de la energía. Esta Directiva pretende crear las condiciones para el desarrollo de un mercado para los servicios de la energía y medidas de mejora del rendimiento energético en el usuario final.

Desde el ámbito autonómico y municipal destaca la Comunidad de Madrid que para atender a las necesidades energéticas específicas de la Comunidad de Madrid, la Consejería de Economía e Innovación Tecnología ha elaborado un Plan Energético 2004-2012, con los siguientes objetivos generales:

- Atender a la satisfacción de la demanda energética de la Comunidad de Madrid, activando iniciativas de generación de energía donde sea posible y deseable.

- Fomentar el ahorro energético y mejorar la eficiencia del sector en sus diversos niveles.

- Promover el uso de los recursos energéticos propios, de origen renovable.

- Velar por los efectos medioambientales que se produzcan en el aprovechamiento de los recursos energéticos

3.4. El contrato de servicios energéticos y mantenimiento en edificios municipales

3.4.1. Objetivos a conseguir

La implementación de cualquier sistema de gestión requiere de un método, procedimientos y herramientas que permitan hacerlo de forma efectiva, en el menor tiempo posible y con bajos costes. Esto es necesario porque, como cualquier cambio de hábito en la forma de manejar las cosas, la etapa de implementación debe enfrentarse a barreras que sólo pueden ser derribadas o sorteadas con la muestra de resultados nuevos no alcanzados por las vías tradicionales de enfrentar el problema. Una estrategia común es comenzar con algún área clave de la empresa que sirva de *generación de confianza*, muestra de las potencialidades del sistema y motivación del personal clave.

Generalmente en esta etapa de cambio, la empresa requiere ayuda o asesoría externa, la cual debe ser cuidadosamente seleccionada en función de la experiencia mostrada en la implementación exitosa de este tipo de sistemas en otras empresas y por la estrategia, métodos, procedimientos y herramientas que presente para su desarrollo, compatibles con la cultura gerencial de la empresa.

Este contrato se plantea teniendo en cuenta la propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos, que pretende conseguir a nivel nacional un ahorro anual de energía final superior al 1,0 % en el sector público, respecto al consumo de energía final de un año de referencia.

Este Modelo de Contrato surge para ponerlo a disposición de las Administraciones Públicas propietarias de edificios, que tengan intención de utilizar este mecanismo para reducir el consumo energético y contribuir a los objetivos energéticos y medioambientales nacionales e internacionales.

La particularidad de este contrato, es que, respetando los procedimientos y la normativa de la Administración Pública, permite integrar el mantenimiento y la prestación de servicios energéticos.

3.4.2. Aspectos previos a tener en cuenta a la hora del planteamiento

Hay que partir de una fundamentación jurídica, sobre el modelo de contrato más adecuado, dentro de los previstos en el ordenamiento jurídico español, como es el administrativo típico, de carácter mixto, de suministro y servicios.

Posteriormente se desarrollará un pliego modelo de cláusulas administrativas y otro de condiciones técnicas, a modo de guía, y que deberán ser desarrollados y completados en función de las particularidades de cada municipio.

Este tipo de contrato puede constituir un instrumento eficaz y concreto para estimular el ahorro de energía, en comparación con los modelos de contratación hasta ahora utilizados en los edificios de titularidad pública.

La eficiencia energética es una estrategia válida para solucionar el problema de la escasez de fondos públicos y puede contribuir a disminuir los graves problemas de la energía y el clima. En este sentido, el sector público debe *predicar con el*

ejemplo en lo que se refiere a inversiones, mantenimiento y otros gastos en equipos que utilicen energía.

3.4.2.1. La viabilidad jurídica del contrato de resultados

Este contrato de mantenimiento integral con gestión energética de un edificio de titularidad de una Administración Publica, de carácter territorial, que dicha Administración celebra con una empresa privada, por el cual esta entidad privada, a cambio de un precio, se obliga a prestar *servicios energéticos*, (es decir suministro de energía en determinadas condiciones de calidad, cumpliendo unos niveles de confort y una mejora de la eficiencia energética, y asumiendo el riesgo técnico de las instalaciones ligado a los rendimientos de transformación y a la vida útil de las mismas), ha de calificarse, con arreglo a la legislación de contratos de las Administraciones Públicas, como un contrato administrativo, de carácter mixto, de suministro y servicios.

La calificación jurídica de este contrato como contrato administrativo –ya sea típico ya sea especial– frente al contrato privado de la Administración supone la aplicación o no en todos sus aspectos, incluidos sus efectos y extinción, de la legislación de contratos de las Administraciones Públicas. (Del Art. 7 TRLCAP relativo al régimen jurídico de los contratos administrativos o del Art. 9 TRLCAP que regula el régimen jurídico de los contratos privados de la Administración).

La preparación y adjudicación de un contrato, cuando la Administración que lo celebra es una Administración de carácter territorial, como es el caso, se rige siempre por los principios de publicidad y concurrencia, esto es, por el TRLCAP.

3.4.2.2. Detalles del contrato

A. Las prestaciones

El objeto del contrato de servicios energéticos y el mantenimiento integral con garantía total de las instalaciones térmicas y de iluminación interior

del/los edificios pertenecientes a determinado Ayuntamiento tiene como finalidad realizar las siguientes prestaciones:

1. La gestión energética.
2. Mantenimiento preventivo de las instalaciones.
3. Garantía total de reparación.
4. Compromiso del adjudicatario a realizar las obras de mejora y renovación de las instalaciones consumidoras de energía.
5. Inversiones en ahorro energético y energías renovables

A.1. Gestión Energética

Gestión energética necesaria para el funcionamiento correcto de las instalaciones objeto del contrato; el gestor energético asume la compra y el compromiso de asegurar el suministro energético de combustibles y electricidad de todo el edificio, así como su control de calidad, cantidad y uso, con las consiguientes garantías de aprovisionamiento.

A.2. Mantenimiento

Mantenimiento preventivo y correctivo necesario para lograr el perfecto funcionamiento y limpieza de las instalaciones con todos sus componentes, así como lograr la permanencia en el tiempo del rendimiento de las instalaciones y de todos sus componentes al valor inicial.

A.3. Garantía total

Reparación y en su caso, sustitución de todos los elementos deteriorados en las instalaciones según se regula en el Pliego de Condiciones Técnicas del Contrato.

Es necesario entender que el gestor energético necesita que las instalaciones estén en perfecto estado de funcionamiento para poder

asegurar los rendimientos de transformación previstos, ya que en caso contrario, el exceso de consumo sería soportado únicamente por el gestor energético. Por tanto, es previsible que durante la vida del contrato, el gestor realice cambios en las instalaciones cuando éstas no puedan ya garantizarle los rendimientos de transformación descritos en razón de su vida útil, y ello, sin coste económico para el cliente.

A.4. Obras de Mejora y renovación de las instalaciones consumidoras de energía

Realización y financiación de obras de mejora y renovación de las instalaciones, que a propuesta del Ayuntamiento se especifiquen en el Pliego de Condiciones Técnicas.

A.5. Inversiones en ahorro energético y energías renovables

Este contrato pretende promover la mejora de la eficiencia energética mediante la incorporación, mejora o renovación de equipos e instalaciones que fomenten el ahorro de energía, la eficiencia energética y la utilización de energías renovables y residuales como: biomasa, energía solar térmica, Foto 4, fotovoltaica, Foto 5, cogeneración, etc.

Foto 4. Instalación energía Térmica.

Estas instalaciones serán estudiadas, propuestas, ejecutadas y financiadas por el adjudicatario mediante los ahorros o venta de energía renovable conseguidos dentro del periodo de vigencia del contrato y que no tengan repercusión económica para el Ayuntamiento.

Foto 5. Instalación fotovoltaica.

Con esto será posible, sin disminuir el confort, reducir el consumo de energía, permitiendo el ahorro energético (i) garantizar al cliente un menor coste de su servicio energético, y (ii) permitir al gestor energético pudiendo, con la energía ahorrada, recuperar el coste de la inversión en un plazo de tiempo razonable, dentro del periodo contractual acordado, de vida técnica de la inversión y cubrir los intereses, combinado si es necesario con subvenciones u otros instrumentos como la financiación por terceros.

Si se consideran los altos precios actuales de la energía, es evidente que, para una misma cantidad de energía ahorrada, el valor del ahorro conseguido aumenta, lo que reduce los periodos de retorno de la inversión, y la entrada de un mayor número de competidores en el mercado de la gestión energética.

B. Los Incumplimientos

Los incumplimientos que cometa el Adjudicatario en la ejecución de los servicios contratados, se clasificarán como muy graves, graves y leves.

B.1. Incumplimientos muy graves

- La demora en el comienzo de la prestación de los servicios de mantenimiento en más de un día sobre la fecha prevista, salvo causas de fuerza mayor.
- La no intervención inmediata tras la denuncia o conocimiento de una situación que exija una actuación extraordinaria o urgente (plazo máximo: media hora).
- La prestación manifiestamente defectuosa e irregular de los servicios.
- El retraso sistemático en los horarios, no utilización de los medios mecánicos establecidos, el mal estado de conservación de los mismos o el incumplimiento de las temperaturas.
- Desobediencia a las órdenes del Ayuntamiento relativas a la norma y régimen de los servicios en general, desobediencia a las normas que regularán la prestación de los mismos.
- El incumplimiento de cualquiera de las condiciones y plazos establecidos en el Pliego de Condiciones, sin perjuicio de las acciones posteriores que de ello se deriven.
- Falta de elementos y/o medidas de seguridad para la prestación del servicio.

B.2. Incumplimientos graves

- El retraso no sistemático en la prestación de los servicios.
- Los incidentes del personal perteneciente a la empresa adjudicataria con terceras personas, tanto por trato incorrecto, como por deficiencia de la prestación del servicio.
- La reiteración en la comisión de faltas leves.
- Modificación del servicio sin causa justificada ni notificación previa.

B.3. Incumplimientos leves

- Se consideran incumplimientos leves todos los demás no previstos anteriormente y que de algún modo signifiquen detrimento de las

condiciones establecidas en el Pliego de condiciones, con perjuicio no grave de los servicios o que den lugar a deficiencias en el aspecto del personal o de los medios utilizados.

- La calificación de cualquier incumplimiento dentro de los apartados anteriores, corresponde única y exclusivamente al Ayuntamiento, previa audiencia del contratista.

C. Las penalizaciones

Las infracciones se sancionarán con una multa porcentual sobre el Importe Total Anual del Contrato, y que según la tipificación anterior tendrá los siguientes importes:

- Incumplimiento muy grave: entre el 1 % la primera vez y el 2 % en el caso de reincidencia, lo que daría lugar a instruir el expediente de rescisión de contrato.
- Incumplimiento grave: entre el 0,25 % la primera vez y el 0,5 % en el caso de reincidencia.
- Incumplimiento leve: entre el 0,1 % la primera vez y el 0,2 % en el caso de reincidencia.

El importe máximo anual de las sanciones no podrá exceder del 10 % del Importe Total Anual del Contrato, valor al partir del cual el Ayuntamiento iniciará el correspondiente expediente de rescisión de contrato.

D. La duración

Este contrato administrativo típico mixto de suministro y servicios tendrá una vigencia, no prevista legalmente, sino determinada por lo que pacten las partes contratantes, lo que permitirá que se extienda el tiempo suficiente para permitir realizar al adjudicatario instalaciones que fomenten el ahorro de energía, la eficiencia energética y la incorporación de energías renovables como por ejemplo, la energía solar térmica y fotovoltaica, biomasa o cogeneración, financiándolas por ahorros, durante el tiempo de duración del contrato.

Es necesario que la duración mínima de este contrato sea de 10 años para que la financiación de los proyectos resulte atractiva para los gestores energéticos o para aquellos terceros que vayan a financiar las instalaciones ya que el cálculo de la rentabilidad, tanto en edificios nuevos como antiguos reformados, es de obligada consideración.

Asimismo, esta duración de 10 años es fundamental para que el gestor energético pueda asumir tanto el riesgo de sustitución de los equipos y su amortización como el riesgo de condiciones climáticas ya que en un plazo corto de duración no es posible compensar si ha habido un invierno muy frío o un verano muy caluroso.

Finalmente el gestor deberá invertir en formación de personal para que éste desarrolle su potencial humano y sea consciente de la importancia de su labor, de ahí que el plazo deba ser amplio ya que si cada poco tiempo se sustituye a las personas que realmente gestionan el edificio se correrá el riesgo de pérdida de interés del personal, olvido de los mensajes de ahorro y eficiencia energética entre el personal, etc.

Bibliografía

§ PÁGINAS WEB UTILIZADAS PARA OBTENER INFORMACIÓN:

- www.idae.es: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
- www.mityc.es: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Dirección General de Política Energética y Minas.
- www.mma.es: Ministerio de Medio Ambiente.
- www.ciemat.es: Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).

- www.madrid.org: Comunidad de Madrid. Centro de Ahorro y Eficiencia Energética.
- www.europarl.es: Parlamento Europeo. Oficina de España.
- www.europa.eu.int: Comisión Europea. Dirección General de Energía y Transportes.
- www.europa.eu.int: Comisión Europea. Medio Ambiente.
- www.iea.org: Agencia Internacional de Energía.
- www.cener.com: Centro Nacional de Energías Renovables.
- www.cne.es: Comisión Nacional de la Energía.
- www.ipyme.org: Secretaria de Estado de Energía, Desarrollo Industrial y PYMES.

§ Campos JC., Gomez Dorta R., Santos Leonardo (1995).: Eficiencia Energética y Competitividad de Empresas. Universidad de Cienfuegos. Cuba.

§ Campos Avella, J.C. y Otros. Gerencia de energía, Universidad del Atlántico.

Capítulo

4 Aprovechamiento de energía solar en municipios

4.1. Introducción

La energía solar es un elemento clave para el desarrollo sostenible del planeta, permitiendo la reducción de emisiones de efecto invernadero.

El abuso de la sociedad con el medio ambiente ha generado un problema que estamos obligados a dar una respuesta. Los municipios formados por la existencia de población restringidos a una localidad geográfica, provoca una mayor concentración de gases y residuos. Por ello, es de suma importancia que desde los organismos públicos, se desarrollen iniciativas de proyectos renovables. Hoy la energía solar es una solución atractiva medioambientalmente y fundamentalmente rentable que no deben dejar de escapar las autoridades locales.

A lo largo del presente capítulo, se describen los elementos claves para un correcto aprovechamiento de este tipo de tecnología, mostrando ejemplos de diversas actuaciones desarrolladas por Municipios en los que ha participado de una forma directa Gamesa Solar.

4.2. Nuevos conceptos de la energía solar

4.2.1. Respaldo de líderes industriales

Uno de los elementos claves en el auge de la actividad renovable, ha sido la creación de empresas que son capaces de desarrollar y/o promocionar grandes proyectos en este área, generando la confianza en esta actividad que en muchos

casos es desconocida. La presencia de empresas como Gamesa, ha evidenciado que los proyectos energéticos renovables soportados por potentes grupos industriales, terminan siendo proyectos de garantía, demostrando que es posible la creación de líderes industriales en el sector renovable. La presencia de Gamesa en el mercado de valores, ha posibilitado que tanto clientes como empresas financieras hayan optado por invertir en bienes de valor *verde* y de este modo ha permitido generar la confianza necesaria para poder ir desarrollando esta actividad.

Gamesa adquiere compromisos con los accionistas y los clientes que aseguran la permanencia en el tiempo de su actividad.

Es por tanto hoy, necesario entender que la aparición en la industria española de empresas especializadas en el sector renovable garantizan el desarrollo de proyectos que perduran en el tiempo y que proporcionan al cliente la rentabilidad deseada.

4.2.2. Uso eficaz de la energía solar

La energía solar es una fuente inagotable y cuyo aprovechamiento puede generar una gran rentabilidad medioambiental y económica. Es por tanto que al hablar de un uso eficaz de la energía solar nos estamos marcando el objetivo de lograr la rentabilidad en este tipo de instalaciones; sólo de esta manera es posible asociar la palabra eficaz a esta fuente renovable.

Si bien el concepto de rentabilidad medioambiental parece estar íntimamente ligado a la energía solar, por su capacidad para ser sustitutivos de derivados del petróleo en procesos térmicos o bien por su capacidad para generar directamente electricidad, como sustitutivo de otros sistemas de generación más contaminantes, hoy en día, es posible ligar la energía solar a la rentabilidad económica a través de la energía fotovoltaica, gracias al Real Decreto 436/2004, así como el desarrollo de grandes proyectos térmicos para la generación de agua caliente en sus diversas modalidades: ACS, calentamiento de piscinas, calefacción

y procesos industriales. Y en un futuro no muy lejano el desarrollo de plantas de refrigeración con captadores térmicos.

La cercanía al usuario final es un aspecto a considerar para lograr un buen resultado al apostar por este tipo de proyectos. El cliente se siente más seguro al poder trabajar con empresas consolidadas en el desarrollo de proyectos energéticos y específicamente en el área de las renovables. Esta cercanía y la experiencia contrastada de socios industriales, son elementos de considerable importancia a la hora de decidir la manera de llevar a cabo este tipo de proyectos para asegurarse el éxito de la inversión, y la recuperación económica de la inversión a través de garantizar el correcto funcionamiento.

4.2.3. Importancia de las garantías

Como se comentaba anteriormente, una de las claves esenciales para el desarrollo de proyectos solares, son las garantías en su doble versión de:

- Garantías con el cliente: a través de una correcta asesoría del uso eficiente de la energía solar, tanto fotovoltaica como térmica, mediante el correcto dimensionado basado en una ingeniería que permita ser eficiente.

  Esta simbiosis entre cliente e industrial, y el mantenimiento de una magnifica relación, permite abrir la posibilidad de desarrollar más proyectos conjuntamente.

- Garantías con el proyecto: en este caso, y para el desarrollo de instalaciones de referencia, es fundamental la existencia de garantías suficientes con el proyecto.

  Por ello es importante a la hora de seleccionar una empresa para el desarrollo de la ingeniería y ejecución de la obra, así como la empresa que desarrolle las actividades de mantenimiento durante el periodo de vida del proyecto, de forma que se puedan obtener los rendimientos de las instalaciones esperados.

4.3. Apoyo institucional

4.3.1. Responsabilidad global e individual

El apoyo institucional en la actividad solar, resulta hoy necesario, para el desarrollo de esta energía. De esta manera, todos los sectores públicos y privados deben participar y apoyar la sostenibilidad para permitir una excelencia en el uso de los escasos recursos del planeta. En la actualidad las entidades públicas han apoyado con iniciativas el uso de las energías renovables a través de programas nacionales, regionales y locales, para incentivar el uso de estas tecnologías. La aceptación del protocolo de Kyoto ha sido un acicate más, para impulsar su uso.

Sin duda, todas estas actuaciones de la administración y la creación de un marco legislativo a todos los niveles, ha permitido el lanzamiento de la energía solar en España.

Hoy en día, son más las personas que entienden su responsabilidad con el medio ambiente, asumiendo que no sólo depende del sector industrial de gran consumo, el encargado de reducir la emisión de gases de efecto invernadero (el sector industrial sólo es responsable del 55 % de las emisiones), ni son los gobiernos los únicos que con sus actuaciones deben alcanzar los acuerdos de Kyoto.

Sólo con el convencimiento de cada individuo, se podrán alcanzar todos estos objetivos que son tan ambiciosos como necesarios, siendo uno de los elementos fundamentales de la administración desarrollar actuaciones en esta línea, a través de programas de divulgación y concienciación para la sociedad.

4.3.2. Resumen de aplicaciones

En la Fig. 1 se resume la distribución de emisiones de gases de efecto invernadero y un breve análisis de las posibilidades de la energía solar. En la figura se indican las principales aplicaciones que hoy se pueden desarrollar a través de proyectos solares con garantías de rentabilidad económica.

Por un lado, la aplicación de proyectos térmicos en el sector servicios, mediante aplicaciones que cubran entre el 30 y el 70 % de las necesidades energéticas tanto para agua caliente sanitaria como para el calentamiento de piscinas.

Por otro lado, en el sector industrial se pueden desarrollar proyectos térmicos para el ahorro de energía en el precalentamiento de agua para procesos industriales y generación de vapor, entre un 30 y 40 % del consumo total de estos procesos.

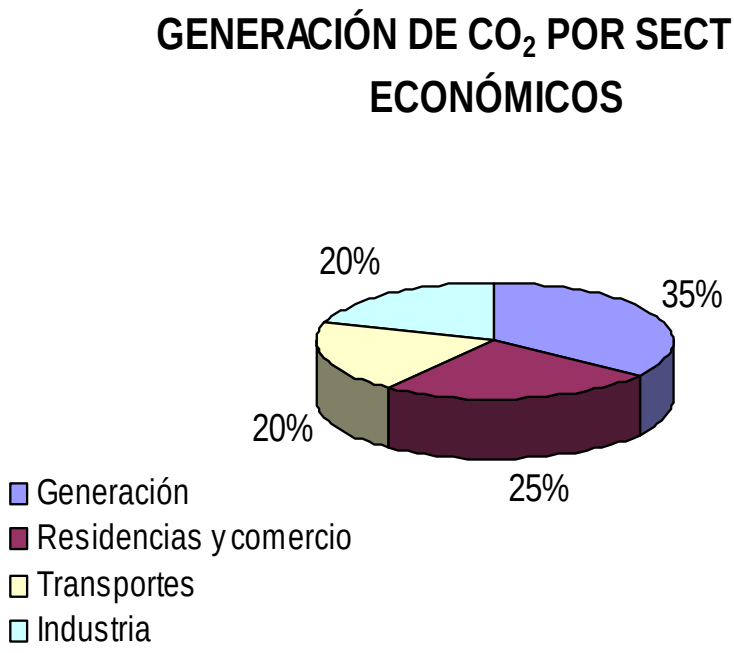


Figura 1. Emisiones de CO_2 por Sectores Económicos en España.

La energía solar fotovoltaica también permite participar en la generación de energía, el cumplimiento del PFER para el 2010, permitiría ahorrar el 0,7 %, de las emisiones que hoy en la actualidad se producen en su mayoría mediante térmicas de carbón y ciclos combinados.

En definitiva el desarrollo tecnológico de este tipo de generación energética presenta hoy un sin fin de posibilidades, siendo un interesante escenario de actuación, muy atractivo para los sectores privados y públicos a través de instalaciones emblemáticas en cada uno de estos sectores y en cada actividad

mediante proyectos rentables que permitan generar confianza en este tipo de energía renovable.

4.3.3. Adecuado marco legislativo

En la actualidad se han desarrollado diversas actuaciones para incentivar este tipo de proyectos; así los diferentes entes administrativos, han creado un adecuado marco de trabajo que facilita el desarrollo de proyectos solares.

Entre ellos cabe destacar:

- Código Técnico de la Edificación

El Código Técnico de la Edificación (CTE) es el marco normativo que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE).

Para fomentar la innovación y el desarrollo tecnológico, el CTE adopta el enfoque internacional más moderno en materia de normativa de edificación: los Códigos basados en prestaciones u objetivos.

El uso de esta nueva reglamentación basada en prestaciones supone la configuración de un entorno más flexible, fácilmente actualizable conforme a la evolución de la técnica y la demanda de la sociedad y basado en la experiencia de la normativa tradicional y cuya inclusión de la energía solar en el CTE va a suponer una apuesta legislativa muy importante en unas tecnologías que en España cuentan con unos niveles técnicos de diseño y ejecución muy altos, además de contar con una situación privilegiada del recurso solar y que obliga a que una parte de la energía necesaria para la producción de agua caliente sanitaria sea energía solar.

Dentro de los siete DAC (Documentos de Aplicación del Código) del Código Técnico, se encuentra el DAC HE cuyo requisito básico “Ahorro de energía”

consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovables. Con este objetivo se han redactado las cinco secciones, cada una con una exigencia básica, dos de las cuales hacen referencia directa a la energía solar (solar térmica y solar fotovoltaica).

- Beneficios fiscales y ayudas a través de subvenciones a la inversión o a la producción

El Real Decreto 436/2004, con prima a la producción de electricidad, ha permitido un gran desarrollo de la energía fotovoltaica, convirtiéndose en un producto financiero, gracias a una atractiva rentabilidad que hoy presentan este tipo de proyectos y que a través de la legislación se garantiza durante un periodo de tiempo, muy interesante para los inversores. El desarrollo a través de la prima a la producción, ha significado un impulso muy superior a lo que significa una ayuda a la inversión o financiación a través de ICO, que también es posible.

El ICO-IDAE, a través de la Línea para Proyectos de Energías Renovables y Eficiencia Energética tiene como objetivo financiar las inversiones destinadas a la mejora de la eficiencia energética y al desarrollo de las energías renovables. En el terreno de la energía solar térmica, existen ayudas directas a la inversión y financiación a través de ICO, además de otras ayudas de carácter regional y local que pueden ser compatibles. A través de estas ayudas y las deducciones fiscales que supone la inversión en el desarrollo de plantas solares, se aumentan los ratios de rentabilidad de este tipo de proyectos, siendo excelentes en aquellos lugares donde el consumo energético de agua caliente es intensivo.

- Ordenanzas Municipales

Las Ordenanzas solares municipales, con las que cuentan ya decenas de Ayuntamientos de España, son un importante impulso a la energía solar en

nuestro país, que unido a las ayudas y subvenciones planteadas en el punto anterior favorecen el crecimiento exponencial de instalaciones solares en nuestro país. Algunas de las principales ciudades que cuentan con ordenanzas en este ámbito son:

- Barcelona
- Burgos
- Granada
- Madrid
- Pamplona
- Sevilla
- Valencia.

Actualmente el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios establece la promoción de las Ordenanzas Solares Municipales.

4.4. Objetivos y grandes retos

4.4.1. Desarrollo del sector solar en España

El desarrollo de la actividad solar, se ha visto impulsado a través de la normativa y el marco de desarrollo, que previamente se ha explicado en el apartado anterior. Por tanto, es el momento de actuar a través de la promoción de Instalaciones Térmicas Solares en los sectores claves de la Economía Española, que sean AUTÉNTICOS ICONOS y demuestren la RENTABILIDAD de la Energía Solar.

Así como la promoción de instalaciones fotovoltaicas que sean capaces de OCUPAR un porcentaje de generación SIGNIFICATIVO, abaratando costes hasta hacer RENTABLE las instalaciones sin la necesidad de una prima.

La responsabilidad del logro de estos ambiciosos objetivos, recae tanto en las administraciones a través de sus capacidades para financiar, promocionar o

promover y de la industria del sector que debe ser capaz de absorber la evolución tecnológica e implantarla de la manera más eficiente siendo capaz de demostrar mediante un trabajo excelente, el desarrollo de proyectos perdurables y de garantías.

De esta manera, se pueden materializar los múltiples estudios sobre la energía solar, haciéndolos tangibles para la sociedad, y dando una mayor credibilidad a unos conceptos que si bien están claramente asumidos fuera de nuestras fronteras, no han calado con tanta profundidad en España.

4.4.2. El reto institucional

Sin duda el reto institucional para la consecución de estos objetivos, van más allá de la verificación del cumplimiento estricto de las normativas y de las recomendaciones, que se han publicado.

Será necesario el apoyo que garantice la rentabilidad de las instalaciones de referencia, mediante aspectos como financiación, búsqueda de socios industriales con un compromiso con el proyecto a lo largo del tiempo y la divulgación de unos resultados, que muestren la realidad de esta tecnología. Para ello, es necesario el desarrollo de instalaciones térmicas en las industrias más características de cada zona geográfica, que sirvan como icono, para otras situadas en las cercanías. Así como el desarrollo de proyectos en el sector servicios, que no debe quedar restringido a residencias y hoteles, puesto que debe ampliarse a otros mercados con igual potencial para los proyectos térmicos rentables como son: hospitales, centros penitenciarios, lavaderos, etc.

Asumir los nuevos retos tecnológicos para el desarrollo de distritos con centralización de los sistemas de calefacción y refrigeración, que no sólo permite el ahorro global con respecto a los combustibles convencionales y la disminución de emisiones de gases, sino el ahorro de espacio en las viviendas, un parámetro que hoy es de un elevado coste.

Otro reto incuestionable que hay que destacar son las posibilidades que en la actualidad poseen los municipios y otros sectores de la administración para la promoción propia tanto en el sector térmico como en el fotovoltaico. En el área térmica, es importante que las instalaciones que hoy gestionan las administraciones y que son grandes consumidores de agua caliente (hospitales, instalaciones deportivas, residencias, centros asistenciales, etc.), sean verdaderos iconos de la energía solar, cumpliendo objetivos básicos de la administración: financiación de las energías renovables, promoción y divulgación de la necesidad de un mundo sostenible y disminución del gastó público a través de la rentabilidad de este tipo de instalaciones.

En el sector fotovoltaico, los ayuntamientos pueden desarrollar grandes instalaciones, cumpliendo con los objetivos básicos de la utilización y divulgación de las energías renovables, así como de otras ventajas como son la posibilidad de recuperar terrenos inservibles para otros usos y dar la oportunidad a todos los vecinos, de poder invertir en la actividad solar con capitales modestos.

4.5. Ejemplos de actuaciones promovidas por los municipios

4.5.1. Proyectos de energía solar fotovoltaica

Los Ayuntamientos como gestores de terrenos y edificios públicos, así como responsables de los planes de urbanismo, son entidades con capacidad de maniobra para el desarrollo de proyectos solares. La energía solar fotovoltaica en edificios o terrenos municipales son un manera de invertir por parte de los municipios en energía verde, reducir los costes energéticos de los edificios que deben gestionar y reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero, mejorando la calidad de vida de sus vecinos. La creación de iconos para la comunidad de una gestión basada en principios sostenibles es uno de los mayores valores añadidos que proporciona este tipo de proyectos a las administraciones locales que los promueven.

En la Foto 1, se muestran algunos de los edificios que el Ayuntamiento de Griñon (Madrid) ha desarrollado en colaboración con Gamesa Solar. En este caso el municipio ha gestionado los edificios que están bajo su responsabilidad para permitir el uso de la energía solar fotovoltaica para la generación energética de electricidad conectada a red, la diferente arquitectura de cada edificio ha permitido el desarrollo de muy diversas alternativas, que se han integrado perfectamente en los edificios.

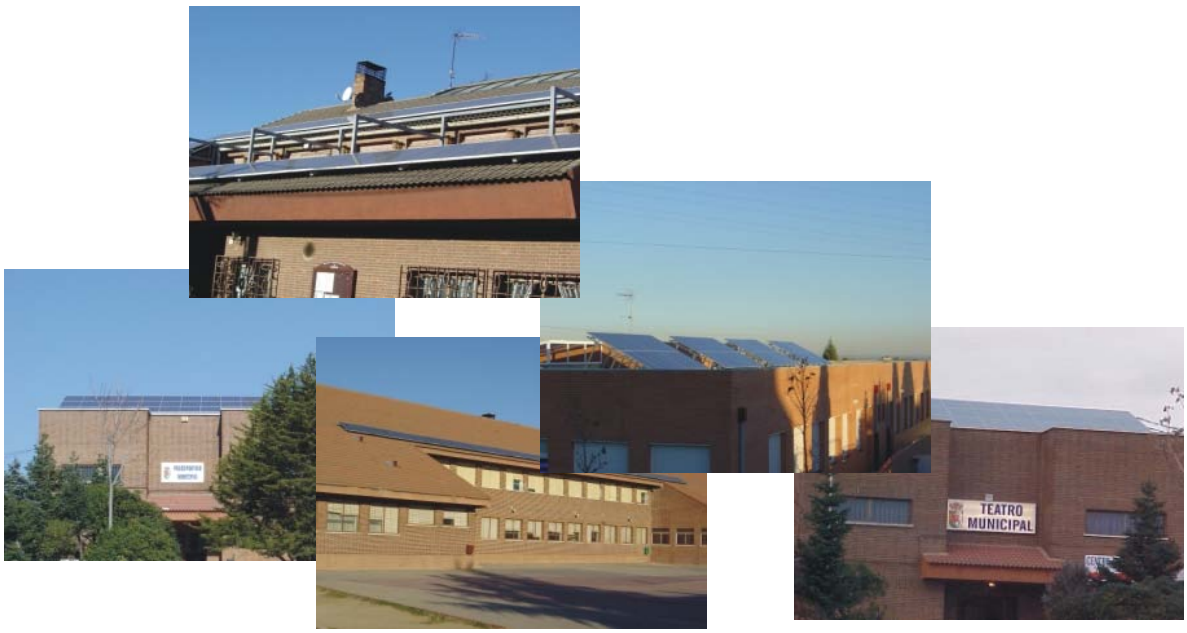


Foto 1. Instalaciones fotovoltaicas en el municipio de Griñón. Teatro Municipal; Colegio Público "Garcilaso de la Vega"; Polideportivo cubierto; Aulario del Colegio "Garcilaso de la Vega" y Centro Social de la Tercera Edad.

En otros ayuntamientos que han apostado claramente por el desarrollo de las energías renovables se han desarrollado instalaciones fotovoltaicas conectadas a red, como compensación del canon de medio ambiente a los municipios colindantes.

En la Foto 2 se observan los municipios Fuendetodos (Zaragoza) y Cervera del Río Alhama (La Rioja). En total se han colocado una instalación de 5 kW y dos instalaciones fotovoltaicas de 3,6 kW conectadas a red.

Foto 2. Instalaciones desarrolladas por Gamesa Sola, para los municipios de Fuendetodos (Zaragoza) y Cervera de Río Alhama.

La campaña que desarrolló el municipio de Sevilla en colaboración con Gamesa Solar: "Sevilla Ciudad Solar", es un excelente ejemplo de promoción municipal de la energía solar. El proyecto consistía en la instalación de 500 kW en edificios del Exmo. Ayuntamiento de Sevilla o de sus empresas o entidades. Se establecieron dos fases:

- 1º Fase: 22 instalaciones de 5 kW en colegios públicos + árbol solar (136.528 Wp instalados)
  Iluminación solar de El Camino de la Reina

  - Árbol solar conectado a red (Foto 3).
  - Farolas fotovoltaicas (Foto 4).

- 2º Fase: 30 instalaciones de 5 kW en colegios públicos (184.800 Wp instalados).

La aportación económica para el desarrollo del proyecto se realizó mediante:

- 50 % subvencionado por la Sociedad para el Desarrollo Energético de Andalucía.

- 10 % Ayuntamiento de Sevilla.
- 40 % financiado por Gamesa Solar.

Foto 3. Árbol Solar, símbolo de la campaña "Sevilla Ciudad Solar", promovida por el Ayuntamiento de Sevilla.

Esta financiación aportada por Gamesa Solar se desarrolló bajo la modalidad de financiación a terceros, de manera que durante los primeros 12 años, gestiona la explotación de las instalaciones, cediendo el 100 % de los derechos al Ayuntamiento de Sevilla al término de dicho periodo.

Los ingresos anuales de la actividad solar fotovoltaica conectada a red de las 52 pequeñas instalaciones de 5 kW son de 196.992 euros anuales, al concepto económico del proyecto hay que añadirle el aspecto medioambiental, con un

ahorro de emisiones anuales de CO_2, del orden de 221,1 toneladas, además de otros gases contaminantes.

Foto 4. Farola Solar, en el Camino de la Reina, perteneciente al proyecto "Sevilla Ciudad Solar".

Otros aspectos de vital importancia son la imagen de la política respetuosa con el medio ambiente por parte del municipio y finalmente el desarrollo de un proyecto demostrativo, que genera confianza en la tecnología solar, permitiendo desarrollar programas de concienciación en los escolares y vecinos del municipio, a través de la cercanía de las instalaciones solares a los colegios de la localidad.

Sin duda este proyecto ha sido un claro ejemplo de la rentabilidad de la energía solar y una nueva forma de financiar este tipo de proyectos mediante la modalidad de financiación a terceros. En la Foto 5, se muestran algunas de las instalaciones de 5 kW del proyecto "Sevilla Ciudad Solar" instaladas en los colegios de la localidad.

Foto 5. Instalaciones solares conectadas a red de 5 kW, en los colegios del municipio de Sevilla: C.P. Alfonso Grosso, C.P. Almotamid, C.P. Ángel Ganivet, C.P. Arias Montano y C.P. Hermanos Machado, en el proyecto "Sevilla Ciudad Solar".

Otro de los aspectos importantes de los que se componía este proyecto es la campaña de difusión que se ha establecido, dividida en dos grandes bloques:

- Difusión en medios:
  - Prensa y revistas a nivel nacional e internacional.
  - Participación en el proyecto OPET Renovables de la UE, proyecto subvencionado por la UE para la difusión de las energías renovables.
- Campaña de Difusión en Colegios
  - Curso 2004- 2005; 15 centros con un total de 800 alumnos.

El Real Decreto 436/2004, definitivamente ha sido el impulsor de la energía solar fotovoltaica con conexión a red, bajo la modalidad de huertos solares. En la Foto 6, se muestra el huerto solar, desarrollado por Gamesa Solar en el municipio de Aznalcollar.

Foto 6. Huerto Solar en Aznalcóllar.

Esta forma de explotación, permite la rehabilitación de terrenos, como vertederos, minas, fuentes de áridos, etc., y además es una oportunidad para hacer partícipe a grandes y pequeños inversores del municipio, proporcionando una oportunidad de negocio a los vecinos de la localidad.

4.5.2. Proyectos de energía solar térmica

En los últimos años, Gamesa Solar ha participado en el desarrollo de la actividad solar térmica, en algunos casos los que han promovido este tipo de proyectos han sido los ayuntamientos logrando los sabidos objetivos, de ahorro energético en las instalaciones gestionadas por las entidades locales además de apostar por las energías renovables y por la mejora del medioambiente de la comunidad que pertenece al municipio. En la Foto 7 se muestra la instalación térmica desarrolla para las piscina cubierta municipal en Almazán (Soria).

Foto 7. Instalación de la piscina municipal de Almazán.

En el sector servicios, el desarrollo de la energía solar térmica permite excelentes oportunidades para demostrar la eficiencia y la rentabilidad de esta tecnología, convirtiendo cada instalación en un icono de la energía solar, siendo buenos referentes para el sector. Algunas de estas instalaciones públicas o con el apoyo de entes públicos, se muestran en la Foto 8.

En definitiva son muchas las instalaciones que hoy se han convertido en lugares donde la rentabilidad de la energía térmica está plenamente demostrada: hoteles, residencias, hospitales, centros asistenciales, clínicas, centros penitenciarios, lavaderos, sector residencial, etc., y que como se decía previamente, las instituciones deben apoyar al desarrollo de instalaciones tanto públicas como privadas que busquen maximizar la inversión, sin limitarse a los requisitos mínimos que exigen las normativas de reciente aparición.

Foto 8. Instalaciones solares térmicas: Polideportivo Municipal en Valladolid, Polideportivo Municipal de Fabero, Centro Asistencial en Palencia y Residencia en Bembibre.

Capítulo

5

Tecnologías de calefacción de alta eficiencia energética

5.1. Introducción

Tras la crisis energética de mediados de la década de los 70 surgió la necesidad de crear calderas que redujeran considerablemente las pérdidas y en consecuencia aumentasen el rendimiento. Hasta ese momento, la tecnología del momento impedía que las calderas existentes, Calderas Estándar, adaptaran su temperatura de funcionamiento a las necesidades reales de la instalación, o mejor dicho, a la demanda real. No era extraño hablar de temperaturas de ambiente muy elevadas en el interior de los edificios en pleno invierno, e incluso de aliviarlas mediante la ventilación natural, es decir, abriendo las ventanas.

Para entender adecuadamente los beneficios que reportan las tecnologías en calefacción más eficientes de Europa, las Calderas de Baja Temperatura y de Gas de Condensación (según Directiva Europea de Rendimientos 92 / 42 / CEE), conviene antes recordar algunos detalles de interés:

- La temperatura exterior de diseño de las instalaciones se alcanza durante muy pocas horas al año en temporada y horario de calefacción.

  A título de ejemplo, contando que la temperatura exterior de diseño de las instalaciones de calefacción en Madrid capital es de - 3,4 ºC y que la media en el período comprendido entre el 1 de noviembre y el 31 de marzo en la franja horaria de 9,00 h a 23,00 h es de 12 ºC, no resulta difícil comprender que si las instalaciones se diseñan para temperaturas tan bajas, cuando éstas son más benignas, las necesidades de calor de los edificios son evidentemente menores.

- Para elevar la temperatura ambiente de un edificio en 1 ºC, el consumo de combustible se incrementará entre un 6 y un 8 %.

Con esta información podemos comprender fácilmente porque la temperatura ambiente en los edificios era tan elevada -no era extraño alcanzar temperaturas ambiente sobre los 27 - 28 ºC- y por qué el consumo de combustible era igualmente, tan alto. Si se considera una temperatura ambiente de confort entre 20 y 22 ºC como adecuada, mantener los 27 ó 28 ºC descritos, implica un despilfarro de combustible de en torno a un 50 % e incluso superior, a todas luces una absoluta aberración.

5.2. Primeras medidas para el ahorro y la eficiencia energética

Semejante despilfarro de combustible obligó a las autoridades de toda Europa a emprender acciones dirigidas al ahorro energético. Concretamente en España, en 1979 se redactan las I.T.I.C. (Instrucciones Técnicas para las Instalaciones de Calefacción), que tienen como principio fundamental, " la racionalización de la energía". Con la publicación de esta normativa, el avance fue espectacular en materia de ahorro energético. Para evitar los perniciosos efectos de lo relatado en el apartado 5.1, comienza a exigirse la instalación de sistemas de regulación para compensación por temperatura exterior, que actuando sobre elementos mecánicos de control tales como válvulas motorizadas de 3 ó 4 vías, reducen la temperatura de impulsión a los elementos calefactores terminales (radiadores, *fan-coils*, suelo radiante, etc.) hasta adecuarla a las necesidades reales del edificio, todo dentro de unas consignas de temperatura ambiente de en torno a 20 - 22 ºC.

No obstante, si bien con esta medida se reduce en el circuito secundario la temperatura de impulsión en función de la temperatura exterior y, en consecuencia, también el consumo de energía, si la caldera continúa trabajando a una temperatura más alta a la necesaria para protegerse contra la condensación ácida que se producen en su interior con bajas temperaturas de agua en caldera, continuará existiendo un importante derroche energético, en torno a un 15 % como media.

El límite inferior de temperatura mínima de retorno de una caldera está condicionado por la temperatura del punto de rocío de los productos de la

combustión, valor en el cual el vapor de agua producido durante la combustión condensa y humedece la superficie de intercambio térmica del cuerpo de caldera. Esta temperatura es de 48 ºC para el funcionamiento con gasóleo y de 57 ºC para el gas natural. Por si solo, la condensación del vapor de agua en el interior de la caldera no representaría un serio problema a corto plazo, pero en combinación con otros productos de la combustión, tales como el azufre presente en el gasóleo, se obtendrá anhídrido sulfuroso y ácido sulfúrico, extremadamente agresivos y corrosivos como es sabido. En el caso del gas natural, la condensación producirá ácido carbónico, también altamente corrosivo.

Para poder adaptar la temperatura de funcionamiento a las necesidades reales de la instalación también en el circuito primario ya desde la propia caldera y reducir así las pérdidas por disposición de servicio, se hizo necesario desarrollar nuevas tecnologías que permitieran trabajar con bajas temperaturas de retorno sin riesgo de condensaciones ácidas. La primera de estas calderas se presentó en 1979, denominándose por aquellos entonces caldera de Bajo Consumo. En la actualidad se denominan calderas de Baja Temperatura.

Por otro lado, conviene no olvidar que en el proceso de cambio de estado del vapor de agua producido durante la combustión, se desprende una apreciable cantidad de calor, denominado este calor latente, que de poder aprovecharse, representa un aprovechamiento adicional de la energía. Acerca de este principio se desarrollarán más adelante las calderas de gas de Condensación.

5.3. Calderas de Baja Temperatura

La definición oficial de este tipo de calderas, según la Directiva Europea de Rendimientos 92 / 42 / CEE es la siguiente: “Una caldera que puede funcionar continuamente con una temperatura del agua de alimentación de entre 35 y 40 ºC y que en determinadas condiciones puede producir condensación”.

Para poder trabajar estas calderas con temperaturas tan bajas de agua de retorno sin que se produzcan en su interior condensaciones ácidas, es

imprescindible disponer de elementos constructivos especialmente desarrollados para este fin. A título de ejemplo, el fabricante alemán Viessmann utiliza superficies de intercambio de pared múltiple, con cámaras de aire para la dosificación de la transmisión del calor al agua de calefacción. Los detalles constructivos de estas superficies de intercambio pueden observarse en las Figs. 1, 2 y 3.

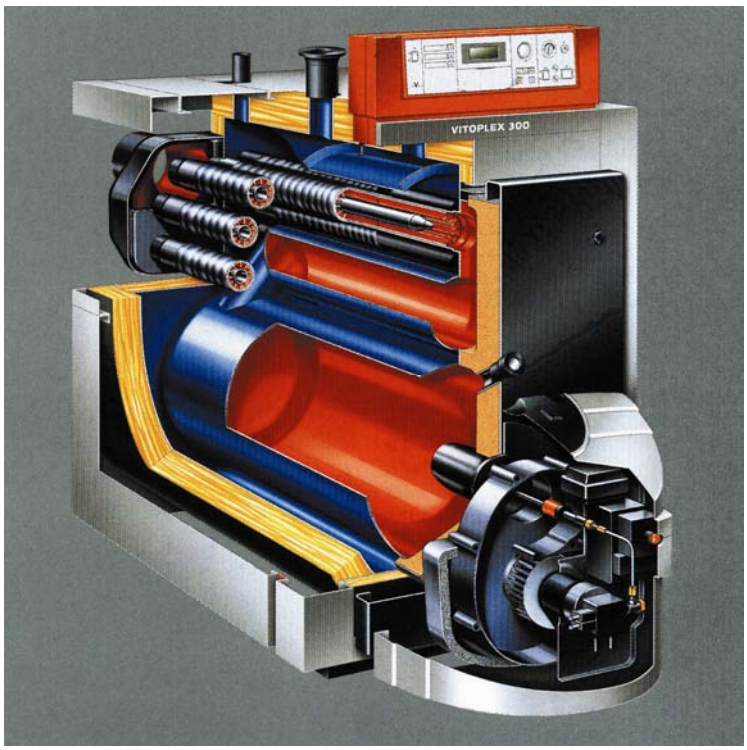


Figura 1. Vista seccionada de caldera de Baja Temperatura de Viessmann modelo Vitoplex 300.

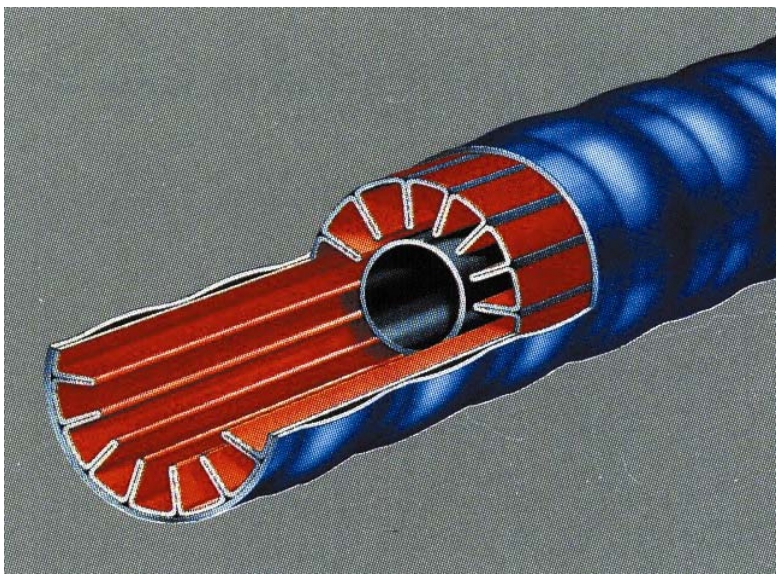


Figura 2. Tubo Triplex – superficie de calefacción por convección de pared múltiple de la Vitoplex 300.

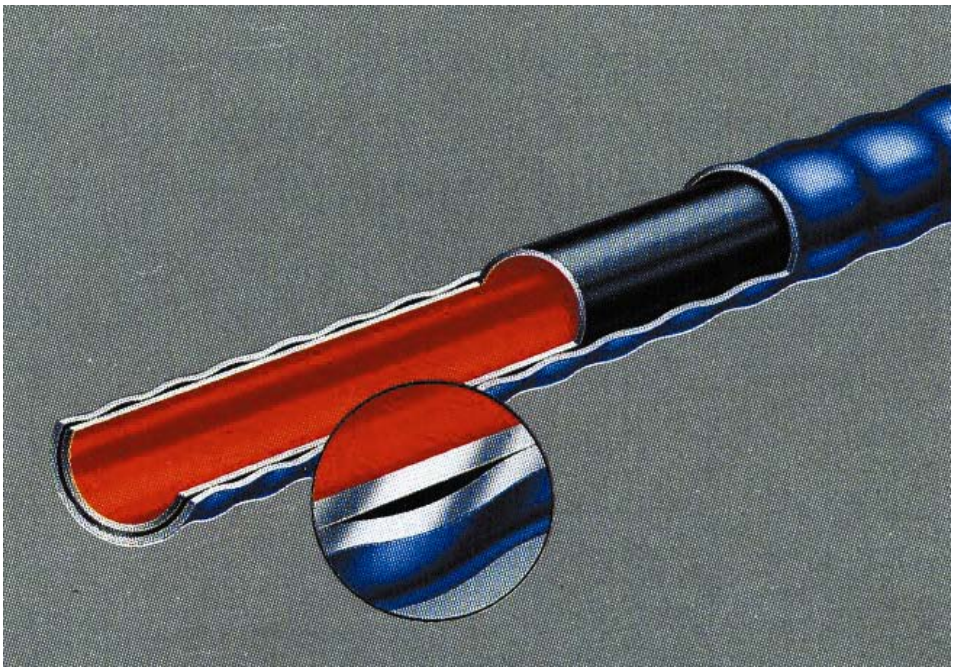


Figura 3. Tubo Duplex de la Vitomax 300.

5.3.1. Funcionamiento de las superficies de intercambio de pared múltiple

Como ocurre en todos los procesos de transmisión térmica, la transmisión de calor de los gases de combustión a la pared de calefacción, y de ésta el agua de la caldera, se ve limitada por una resistencia. Esta resistencia es el resultado de la suma de las resistencias parciales, que dependen de factores tales como la conductibilidad térmica de los distintos materiales a través de los que se realiza la transmisión térmica. Dependiendo del volumen de calor producido y de las distintas resistencias a la transmisión de calor, se alcanzan determinadas temperaturas en las superficies de calefacción. La temperatura de la superficie en el lado de admisión de los gases de combustión, no se ve influenciada por las altas temperaturas de éstos, sino de forma determinante, por la temperatura muy inferior, del agua de la caldera.

En las superficies de calefacción de pared simple, la diferencia de temperatura entre el agua de la caldera y la superficie en el lado de los gases de combustión es pequeña. Por esta razón, si la temperatura del agua desciende por

debajo del punto de rocío, el vapor de agua contenido en los gases de combustión puede llegar a condensar.

Las superficies de calefacción de pared múltiple, por el contrario, permiten que se genere una resistencia a la transmisión de calor. Optimizaciones en el diseño pueden llegar a controlar esta resistencia de tal forma que, incluso con bajas temperaturas del agua de la caldera, la temperatura en el lado de los gases de combustión se mantenga por encima del punto de rocío del vapor de agua, evitando de este modo, el descenso por debajo de este punto. De manera gráfica puede apreciarse en la Fig. 4.

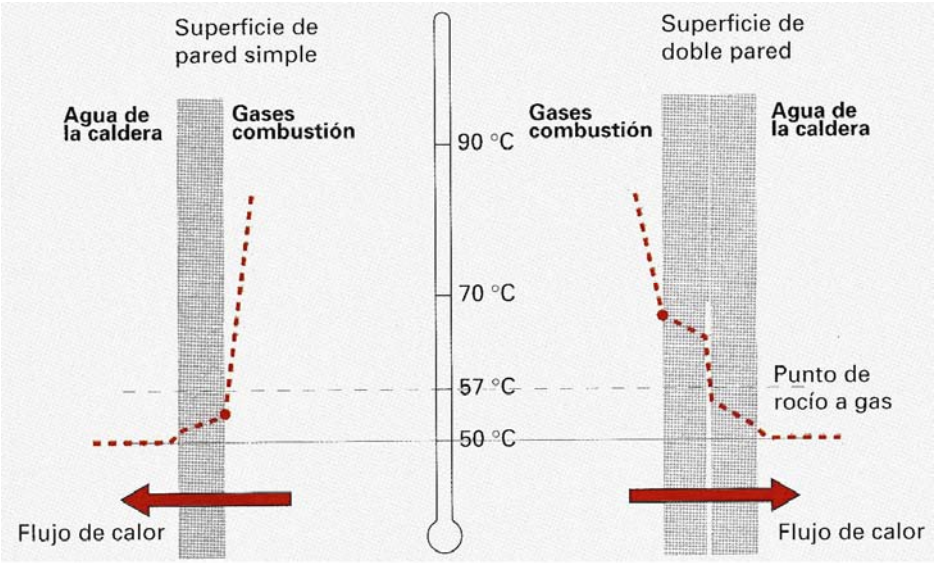


Figura 4. Funcionamiento de superficies de calefacción de pared simple y de pared múltiple.

5.3.2. Análisis del funcionamiento de las calderas de Baja Temperatura

La principal diferencia entre las calderas de Baja Temperatura y las calderas convencionales estriba en que las primeras ofrecen la posibilidad de adaptar la temperatura de funcionamiento en función de la demanda calorífica, o dicho de otra forma, de las necesidades reales.

En la curva característica de calefacción de un edificio se aprecia que a cada temperatura corresponde una temperatura de impulsión determinada. Como

ya se ha explicado anteriormente, de otro modo la temperatura ambiente del edificio se incrementaría cuando la temperatura exterior ascendiera y no se redujera en paralelo la del agua de caldera. Esta curva de calefacción se adaptará a cada edificio, considerando su ubicación geográfica, pérdidas del edificio, orientación, etc., pudiendo, por lo tanto, "construir" una curva de calefacción a la medida de cada necesidad.

Así, para una temperatura exterior de 5 ºC se obtendrá aproximadamente una temperatura de impulsión en torno a los 60 ºC. Si la temperatura exterior aumentase, bajaría progresivamente la temperatura de impulsión hasta alcanzar los 30 ó 40 ºC, que es el límite inferior para la mayoría de las calderas de este tipo. Caso de no haber demanda durante varias horas al día, muy habitual durante los meses de verano en la producción de Agua Caliente Sanitaria (A.C.S.), el quemador sólo entrará en funcionamiento para cubrir las pérdidas por radiación y convección de la caldera y sólo cuando la temperatura del agua de la caldera descienda por debajo de los 40 ºC. Mediante este modo de funcionamiento se reducen hasta casi eliminarlas, las pérdidas por disposición de servicio, responsables de aproximadamente un 12 - 13 % del consumo total de combustible de una instalación de calefacción.

Las calderas convencionales de funcionamiento a temperatura constante trabajan durante todo el año, independientemente de la temperatura exterior y la demanda de la instalación, a una temperatura media de caldera de 80 ºC.

La utilización de calderas de Baja Temperatura con respecto a las calderas Estándar, aporta un ahorro energético de en torno a un 15 %, o incluso superior en función de la marca y modelo de caldera con la que se realice la comparativa.

5.4. Calderas de gas de Condensación

Mediante la aplicación de las calderas de Baja Temperatura se consigue, adaptando la temperatura de funcionamiento de las mismas a las necesidades reales del edificio, reducir el consumo de energía, como ya se ha comentado, en torno a un 15 % con respecto a una caldera Estándar. Sin embargo todavía se

despilfarra una importante cantidad de calor a través del vapor de agua que se produce en la combustión y que se arroja al exterior a través de la chimenea sin aprovechar el calor latente que porta.

El principal obstáculo para este aprovechamiento radica en la necesidad de disponer de superficies de intercambio resistentes a la condensación ácida provocada en el interior de la caldera. Por este motivo, la mayoría de las calderas de Condensación de calidad en Europa están fabricadas en aceros inoxidables de alta aleación.

La definición oficial de este tipo de calderas, según la Directiva Europea de Rendimientos 92 / 42 / CEE es la siguiente: "Caldera diseñada para condensar permanentemente una parte importante del vapor de agua contenido en los gases procedentes de la combustión". Cabe destacar la importancia, por lo tanto, de que las superficies de intercambio de este tipo de calderas sean especialmente resistentes a este modo de funcionamiento. En este sentido, el acero inoxidable estabilizado al titanio, material que a título de ejemplo utiliza el fabricante alemán Viessmann, aporta la máxima fiabilidad de funcionamiento, permitiendo obtener importantes ahorros energéticos durante los más de 25 años de vida útil de estas calderas.

5.4.1. Técnica de Condensación

El rendimiento estacional puede verse aumentado en unos 14 - 15 puntos con respecto a una moderna caldera de Baja Temperatura, con el empleo de esta técnica.

Durante la combustión, los componentes combustibles, principalmente carbono (C) e hidrógeno (H), reaccionan durante la combustión con el oxígeno del aire, generando, además de calor, dióxido de carbono (CO_2) y vapor de agua (H_2O).

Si las temperaturas en las paredes de las superficies de intercambio térmico descienden por debajo del punto de rocío del vapor de agua, éste condensa

desprendiendo calor en el cambio de fase. Para un aprovechamiento eficaz de la condensación, es importante realizar la combustión con un alto contenido de CO_2 reduciendo el exceso de aire. Para lograrlo, son apropiados los quemadores presurizados a gas, mientras que en los quemadores atmosféricos, debido al mayor exceso de aire, el punto de rocío se sitúa a temperaturas inferiores, con lo que el aprovechamiento de la condensación de los gases de combustión es peor.

El calor latente de los gases de combustión, también denominado calor de condensación, se libera durante la condensación de vapor de la combustión y se transmite al agua de la caldera.

Resulta cuando menos llamativo que este tipo de calderas obtengan rendimientos estacionales superiores al 100 %, concretamente hasta el 109 %. Es necesario matizar que el valor de referencia es el Poder Calorífico Inferior (P.C.I.).

5.4.1.1. El Poder Calorífico Inferior y el Poder Calorífico Superior

El Poder Calorífico Inferior (P.C.I.) define la cantidad de calor liberada tras una combustión completa cuando el agua que contienen los gases de combustión está en forma de vapor. El Poder Calorífico Superior (P.C.S.) define la cantidad de calor liberada tras una combustión completa, incluyendo el calor de condensación contenido en el vapor de agua de los gases de combustión en su paso a la fase líquida.

Con el aprovechamiento del calor latente haciendo referencia al P.C.I., dado que este valor no contempla el calor de condensación, se obtienen como ya se ha indicado anteriormente, rendimientos estacionales superiores al 100 %. En la técnica de condensación, para poder comparar el aprovechamiento energético de las calderas de Baja Temperatura con el de las calderas de Condensación, los rendimientos estacionales normalizados se siguen calculando en referencia al Poder Calorífico Inferior. La cantidad de calor de condensación máxima aprovechable será la relación entre el Poder Calorífico Superior (P.C.S.) y el Poder Calorífico Inferior (P.C.I.). A título de ejemplo, en el caso del gas natural, combustible idóneo para la utilización de esta técnica, esta relación es de 1,11, siendo un 11 % por lo tanto la

cantidad de calor máxima que por este concepto se podrá obtener. Para el gasóleo, este valor desciende hasta el 6 %. No obstante, también hay que considerar que las calderas de Condensación enfrían los humos hasta unos 10 ºC por encima de la temperatura de retorno a la caldera, aprovechando así también de este modo el calor sensible de los humos en mucha mayor cuantía que las calderas de Baja Temperatura y también Estándar. En el balance total de rendimiento adicional obtenido por esta técnica habrá que considerar las dos ganancias: calor latente y calor sensible.

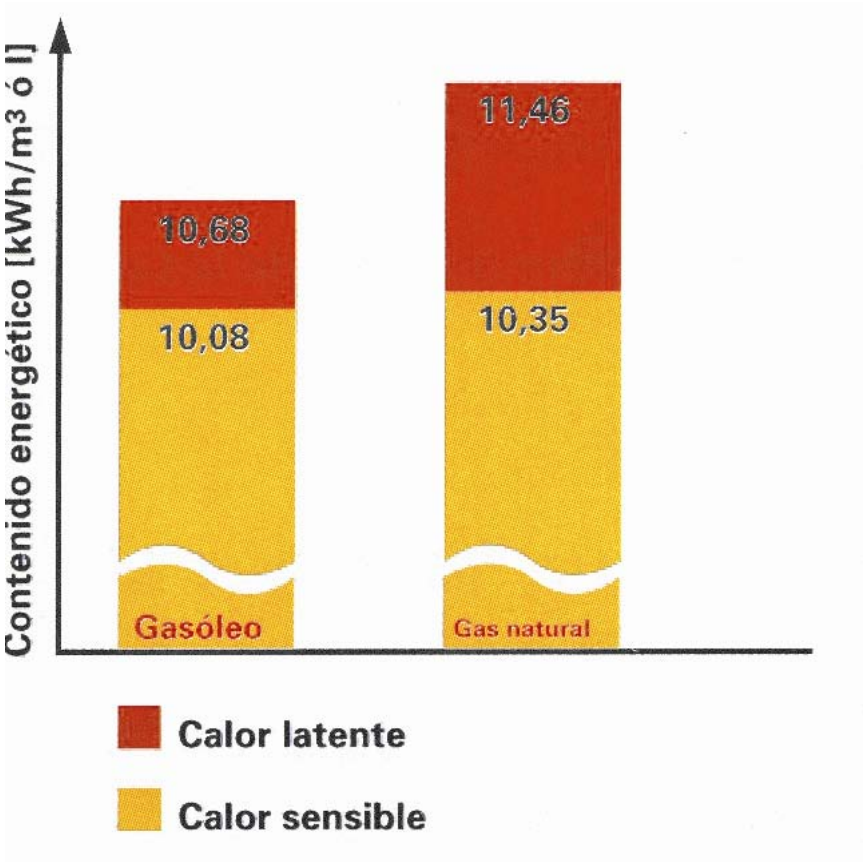


Figura 5. Contenido energético del gasóleo y el gas natural.

5.4.2. Diseño de las calderas de Condensación

El aprovechamiento de la condensación será tanto mayor cuanto más condense el vapor de agua contenido en los gases de combustión. Sólo de esta forma el calor latente de los gases procedentes de la combustión puede convertirse en calor útil para la calefacción. En las calderas de Baja Temperatura, las superficies de calefacción deben concebirse de forma tal que se evite la condensación de los gases procedentes de la combustión en el interior de las mismas. Todo lo contrario

que en las calderas de Condensación: los gases de combustión son conducidos hacia la parte inferior, en sentido contracorriente a la circulación del agua de caldera para de esta forma conseguir el máximo enfriamiento de los mismos.

El empleo de acero inoxidable de alta aleación ofrece la posibilidad de aplicar una geometría óptima en el diseño de las superficies de intercambio térmico. Para que el calor de los gases de combustión se traspase eficazmente al agua de la caldera, debe asegurare un contacto intensivo de los gases de combustión con la superficie de intercambio. Para ello existen básicamente dos posibilidades:

- Las superficies de calefacción pueden concebirse de forma tal que los gases de combustión se arremolinen continuamente, evitando así la creación de un flujo de corriente principal de mayores temperaturas. Los tubos lisos no son adecuados para este fin. Deben crearse puntos de desvío y variaciones en su sección transversal.

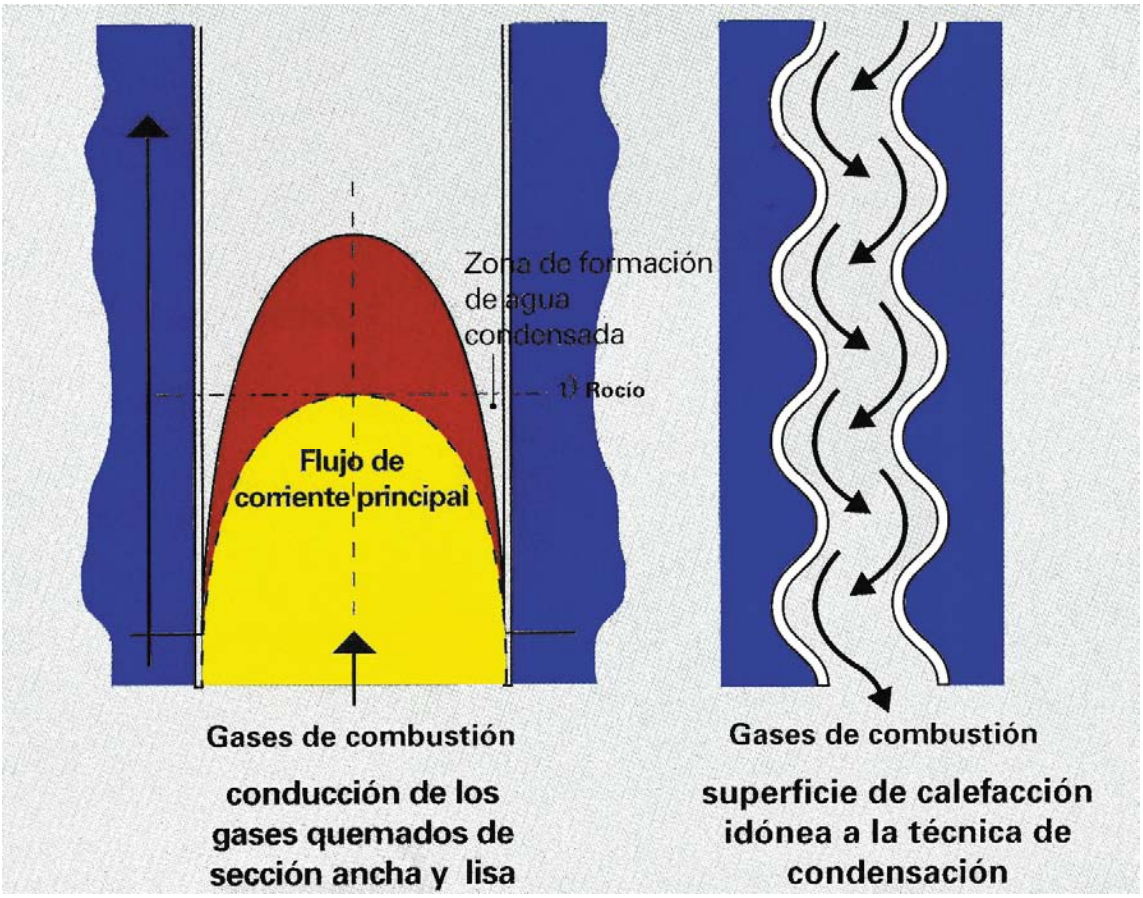


Figura 6. Requisitos físicos para los pasos de humos de mayor diámetro-superficie de calefacción Inox-Crossal.

- A través de las superficies onduladas y enfrentadas se consiguen continuos cambios de sección del paso de los humos de combustión, lo que evita la formación de un flujo de corriente principal, que dificultaría la transmisión de calor y, por lo tanto, la condensación.

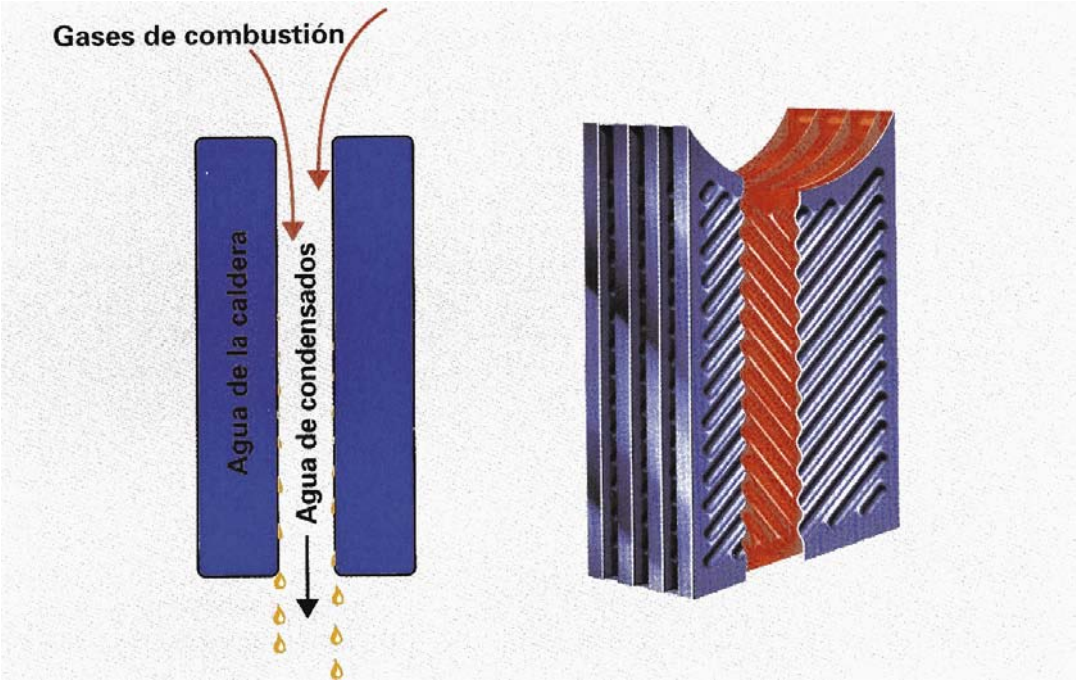


Figura 7. Conducción de los gases de combustión y del agua condensados.

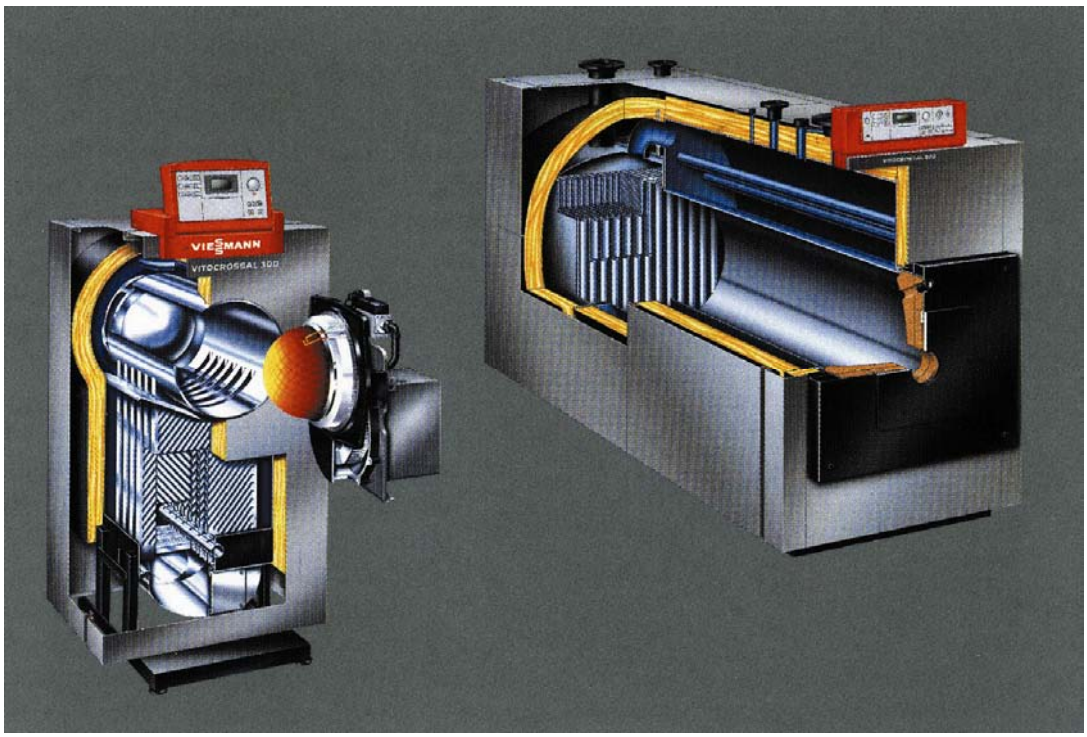


Figura 8. Vista seccionada de calderas de Condensación a gas de Viessmann, modelo Vitocrossal 300.

Para evitar la concentración excesiva del agua condensada e impedir que fluya hacia la cámara de combustión, los gases quemados y el agua condensada deben fluir de forma descendente y en el mismo sentido. Así, la gravedad ayuda a la formación del flujo de las gotas de condensación. Por esta razón, la salida de los gases quemados está dispuesta generalmente en la parte inferior del intercambiador de calor.

5.5. Comparativa de valores de rendimiento estacional

Las calderas Estándar que funcionan con temperatura constante del agua de la caldera, alcanzan el máximo rendimiento estacional bajo plena carga de funcionamiento (100 %). Con funcionamiento a baja carga, el rendimiento estacional se reduce considerablemente, siendo la carga media anual habitual en una instalación de calefacción del 30 %.

Las modernas calderas de Baja Temperatura y Condensación, por el contrario, muestran un comportamiento del rendimiento estacional muy diferente. Funcionan con descenso progresivo de la temperatura del agua de caldera, que se adapta en cada momento a la demanda real de calor del edificio. Gracias a la reducción de las pérdidas por radiación y convección y, en consecuencia, de las pérdidas por disposición de servicio, el rendimiento estacional aumenta cuanto menor es la carga media anual de funcionamiento. Esto puede ser especialmente provechoso cuando se trata de instalaciones sobredimensionadas. También se hace especialmente interesante el uso de un único generador para los servicios de calefacción y de agua caliente sanitaria.

En la Fig. 9 se aprecia claramente como la utilización de calderas de Baja Temperatura y Condensación, permite obtener elevados rendimientos estacionales y en consecuencia reducir de manera directamente proporcional el consumo de combustible.

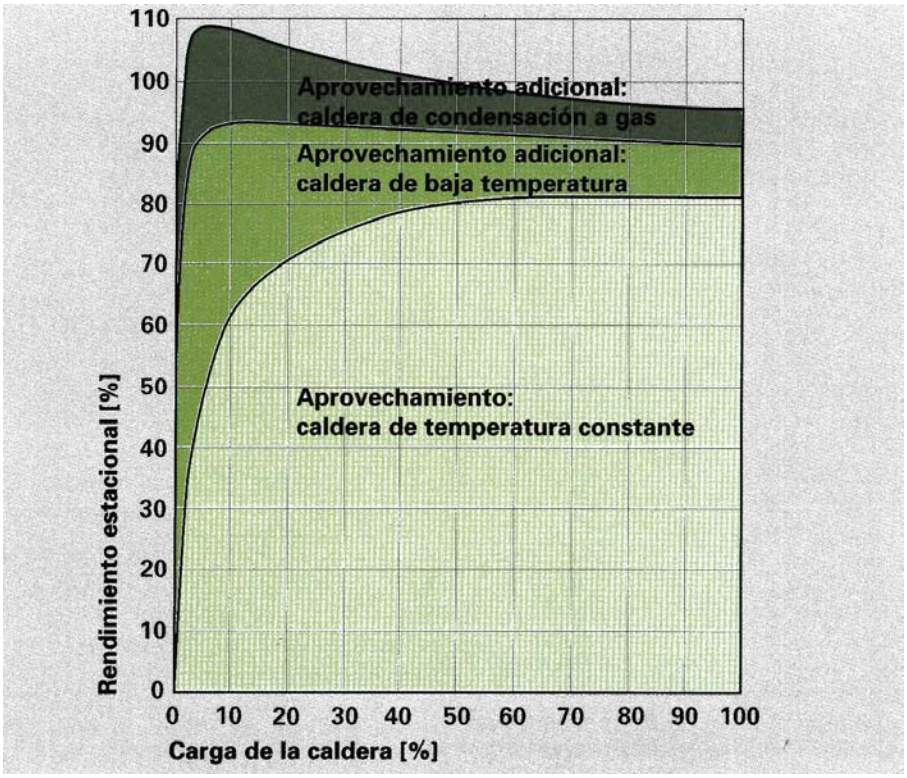


Figura 9. Comportamiento del rendimiento estacional de calderas de Baja Temperatura y de Condensación con respecto a las calderas Estándar.

5.6. Conclusiones

La dosificación del paso de calor es, junto con una regulación adecuada, la característica constructiva que permite a las calderas de Baja Temperatura adaptar la temperatura de funcionamiento a las necesidades reales de la instalación, sin que se produzcan en su interior condensaciones ácidas perjudiciales para la caldera.

Las calderas de Condensación aprovechan una importante cantidad adicional de calor mediante el aprovechamiento precisamente de la condensación.

En ambos casos, el funcionamiento en función de las necesidades reales de la instalación reduce significativamente las pérdidas por radiación y convección y en consecuencia las pérdidas por disposición de servicio. Las calderas de

Condensación, mediante la recuperación del calor latente (calor de condensación) no sólo reducen aun más las pérdidas por calor sensible al enfriar intensivamente los humos y reduciendo, por lo tanto, las pérdidas globales de energía, sino que el aprovechamiento de la condensación las permite obtener los mayores rendimientos estacionales y las convierte en el máximo exponente de ahorro y eficiencia energética.

Como resumen se puede partir de los siguiente valores de rendimiento estacional en función de la tecnología de la caldera:

- Caldera Estándar: 75 - 80 %.
- Caldera de Baja Temperatura: 91 - 96 %.
- Caldera de Gas de Condensación: 105 - 109 %.

En los tres casos los valores de rendimiento estacional son relacionados al Poder Calorífico Inferior (P.C.I.).

Dado que el rendimiento estacional es directamente proporcional al consumo, las diferencias de estos rendimientos entre una caldera y otra serán exactamente las diferencias en los consumos de combustible, pudiendo observar que el ahorro energético por lo tanto que puede llegar a alcanzarse con una caldera de Condensación con respecto a una Estándar, puede superar incluso el 30 %.

Bibliografía

§ D. Pedro Nieto Berdote (1994).: Calderas de Baja Temperatura. Revista Montajes e Instalaciones.

Capítulo

6

La domótica en los edificios públicos

6.1. La automatización aplicada a los edificios

En los inicios de la década de los años ochenta del pasado siglo XX ya se aplicaba en el mundo industrializado la automatización de los edificios para reducir costes operativos y aumentar la eficiencia. Así, el rápido desarrollo de las tecnologías digitales ha contribuido a que la industria de la edificación adopte cada vez más estrategias de automatización sofisticadas para el control de las variables ambientales presentes en las diferentes partes de un edificio provisto de elevadas prestaciones desde el punto de vista tanto del confort humano como en los aspectos energético y ambiental.

El asombroso avance de la electrónica y la informática ha permitido desarrollar el concepto de Edificios Inteligentes. Dicho término califica así a los inmuebles que disponen de un mecanismo capaz de interconectar los diferentes sistemas automatizados existentes y garantizar el funcionamiento de éstos de acuerdo con las necesidades reales de energía, iluminación y otros parámetros.

Los sistemas de gestión de edificios se impulsan cada vez más con el fin de mejorar la eficiencia energética y alcanzar una mayor calidad en la prestación de los servicios. De hecho, los objetivos básicos de la automatización de edificios están dirigidos al ahorro energético, añadiéndole los sistemas de confort, seguridad y protección para el cliente, además de humanizar el trabajo del personal, prolongar la vida útil de los equipos, y aumentar la eficacia y la eficiencia en la toma de decisiones.

Debe tenerse presente que los mayores consumos de energía de un gran complejo hotelero o cadena de tiendas están relacionados con los sistemas de climatización, bombeo de agua y alumbrado. Por tanto, si se consigue regular mediante automatismos estos sistemas, veremos que se optimiza la gestión

energética. Por eso, se deben establecer funciones que permitan, por ejemplo, el ajuste automático de los equipos y elementos de campo de climatización, en completa sintonía con las condiciones ambientales y la demanda energética de cada momento, y regular al nivel adecuado la velocidad de los flujos de agua en los diferentes circuitos.

Para tener una idea de cuánto se puede ahorrar por la vía de la automatización, basta decir que un aparato de aire acondicionado que funcione con temperatura de sólo un grado Celsius por debajo de lo necesario, eleva de manera adicional el gasto de energía de un 8 % a un 10 %.

De hecho, en un edificio, la optimización del coste energético es el primer beneficio dentro del ahorro de los costes variables. Como ejemplo, una inversión moderada para la automatización de un edificio, proporciona información adecuada del espectro y consumo energético, permitiendo un ahorro de hasta un 20 % en la factura eléctrica.

Aunque la automatización de edificios demanda una inversión adicional, los resultados han demostrado que tales gastos se amortizan en plazos muy cortos y al final se revierten en incuestionables beneficios económicos, con disminuciones significativas en el consumo anual de energía.

La automatización del edificio se basa en el desarrollo de un sistema para supervisar a distancia y en tiempo real los parámetros eléctricos y la calidad de la energía en cualquier instalación, lo cual, además de influir de manera favorable en el ahorro energético, puede evitar la ocurrencia de averías.

Así, podemos concluir que el objetivo de la automatización del edificio, es la de adecuar la operación de un edificio a efectos de optimizar la calidad de sus prestaciones en términos de confort, seguridad y eficiencia energética. Y se puede definir la Automatización de un Edificio al conjunto de servicios proporcionados por sistemas tecnológicos integrados para satisfacer las necesidades básicas de seguridad, comunicación, gestión energética y confort, del hombre y de su entorno más cercano.

A partir de aquí, el capítulo se divide en cuatro partes. Una primera que establece las actuales características del mercado energético y cómo influyen éstas en la gestión energética del edificio. En segundo lugar, se presentan las principales características de un sistema de gestión técnica y los principales automatismos que se incorporan en un edificio, mostrando las ventajas que éstos confieren respecto a un edificio con instalaciones convencionales. En tercer lugar, se presenta un dispositivo para el ahorro energético como ejemplo de las últimas tendencias. Y finalmente, se muestra la aplicación de la domótica como mejora de la gestión energética de un edificio construido bajo los criterios de arquitectura bioclimática y energías renovables.

6.2. Medida y tarifación

6.2.1. El nuevo mercado energético. La liberalización

Desde el 1 de Enero de 2003, todos los consumidores de electricidad y de gas natural pueden elegir libremente la compañía suministradora y, sobre todo, pueden negociar su precio. Esta fue la etapa final de un proceso liberalizador que se inició con los más grandes consumidores de energía eléctrica en 1998. La Directiva Europea en vigor establecía que en 2000 todos los Estados Miembros debían tener como mínimo un 30 % de su mercado liberalizado. Cuatro países, -Suecia, Reino Unido, Alemania y Finlandia-, decidieron anticiparse al resto y liberalizar de golpe. Otros como Austria, Holanda, España y Dinamarca prefirieron seguir las directrices de la Unión Europea en dos fases y alcanzar la plena libertad en 2003. En otro grupo se hallan los países que han optado por abordar el proceso en tres etapas y aplazar hasta 2007 la apertura total. Entre ellos se encuentran Bélgica, Irlanda y Luxemburgo.

Los consumidores de energía pueden elegir entre dos opciones para su suministro de electricidad:

- Permanecer como hasta ahora en el mercado a tarifa (precio regulado fijado por la Administración).

- Pasar al mercado liberalizado contratando el suministro de electricidad a otras comercializadoras.

El precio de la energía eléctrica en el mercado regulado incluye el término de potencia, el de energía, el impuesto especial sobre la electricidad, el alquiler del equipo y servicio de lectura y el IVA.

El precio de la energía eléctrica en el mercado liberalizado se compone de los siguientes conceptos:

- Coste de Generación.
- Coste de los Peajes de Transporte y Distribución.
- Costes Permanentes del Sistema.
- Costes de Diversificación y Seguridad de Abastecimiento.
- Costes de Comercialización.
- Alquiler del contador.
- IVA.

El consumidor que opte por el mercado liberalizado podrá elegir un comercializador que le suministre la energía eléctrica. Se debe comprobar que figure en el registro de empresas comercializadoras de energía eléctrica del Ministerio de Economía[1].

Para los clientes en alta tensión que permanezcan en tarifa, en enero de 2007 desaparecerán las tarifas de dicha tensión por lo que esa es la fecha límite para permanecer en precio regulado. Para los consumidores en baja tensión, no hay fecha establecida.

La calidad del suministro[2] no se ve afectada por el cambio de comercializadora, ya que sigue siendo responsabilidad de la distribuidora. Queda garantizada la continuidad del suministro, limitando a un máximo permisible los periodos y número de interrupciones que puedan afectar al consumo conectado a

[1] http://www.mityc.es/Electricidad/Seccion/Distribuidores/Comercializadores/
[2] R.D. 1955/2000 de 1 de diciembre, BOE 27.12.2000 y UNE-EN 50160

una red de distribución. Igualmente queda establecido un rango para los valores que identifican las características técnicas de la onda de tensión.

Según la CNE[3], en diciembre de 2004 eran casi 34.000 los consumidores en alta tensión (el 47 % de los consumidores en A.T.) que habían ejercido su derecho de acceso al mercado, adquiriendo de manera libremente negociada el 56 % de la energía total que podría haberse comprado en mercado por los consumidores de alta tensión. Respecto a los consumidores en baja tensión (B.T.) ya eran casi 1.350.000 los pequeños consumidores (en realidad puntos de suministro correspondientes a Pymes y domésticos) que tenían ya contratos activados para ser suministrados en el mercado liberalizado, lo que equivale a un 6 % del total de los suministros eléctricos.

6.2.2. Cambio de contadores

En baja tensión, los consumidores de menos de 15 kW (domésticos, servicios, pequeñas empresas, etc.) no necesitan cambiar el contador al pasar al libre mercado, si bien tendrán que poner un Interruptor de Control de Potencia (ICP) en caso de que no lo tuvieran instalado. Para los de más de 15 kW de potencia contratada, ya es necesario el cambio de contador por uno que cumpla con los requisitos exigidos por la reglamentación, y que se denominan de “Tipo 4”. En la Fig. 1 se muestra un resumen de la clasificación de los puntos de medida y las características de precisión exigidas a los contadores.

En alta tensión, es obligatorio el cambio de contador, siendo de Tipo 3, 2 ó 1 según las características del consumidor. Debido a los altos consumos registrados por este tipo de contadores, las precisiones exigidas son muy altas, principalmente en los Tipo 1 y 2. Además de incorporar el protocolo de comunicaciones definido por Red Eléctrica, el contador debe poder realizar la firma electrónica de los datos solicitados.

[3] Comisión Nacional de la Energía, http://www.cne.es

	Requisitos del punto de medida	Clasificación puntos de medida	Precisión mínima de los contadores	
			Activa	Reactiva
Medida en Alta tensión	Grandes consumos o potencias contratadas.	Tipo 1 y Tipo 2	0,2S	0,5
			0,5S	1
	Hasta 450 kW	Tipo 3	1	2
Medida en Baja Tensión	Más de 15 kW	Tipo 4	1	2
	Hasta 15 kW	Tipo 5	2	3

Figura 1. Clasificación de los tipos de contadores.

Como vemos, el contador de energía eléctrica está jugando un importante papel en el proceso de liberalización del sector eléctrico. Por un lado, el alquiler sigue siendo un concepto a tener en cuenta en la factura. Por otro, se aprecia que para cierto tipo de consumidores (todos los de más de 15 kW) según vayan pasando al mercado liberalizado, se hace necesario cambiar el contador por otro que cumpla con las nuevas características reglamentadas.

En cuanto al precio del alquiler, las tarifas son fijadas por la Administración, publicadas anualmente, y aparecen en la factura. No es mal ejercicio calcular el periodo de amortización en caso de libre adquisición y propiedad del mismo, evitando el concepto de alquiler.

En lo que se refiere a la necesidad de incorporar contadores electrónicos que cumplan con todos los requisitos, las posibilidades que ofrecen estos nuevos equipos son diversas: sólo por mencionar algunas, se integran en un solo elemento el contador de energía activa, el de energía reactiva y el interruptor horario de tarifación, existe la posibilidad de hacer lecturas locales o remotas de los consumos

actuales e históricos, circuitos auxiliares que informan y reenvían los impulsos proporcionales al consumo, se consiguen excelentes precisiones en todos los puntos de consumo (tanto en bajas como en altas cargas) además con la garantía de equidad que ofrecen los laboratorios homologados de los fabricantes[4].

El fabricante o el distribuidor de material eléctrico es quien mejor puede informar al cliente sobre las posibilidades que puede obtener según el modelo de contador que mejor convenga al consumidor. La relativa complejidad de la configuración del contador, se resuelve igualmente aportando los datos de la instalación al fabricante en el momento del pedido, que se introducirán adecuadamente durante los procesos finales de fabricación. Asimismo, la garantía de precisión se asegura gracias al proceso de verificación primitiva, que se realiza al 100 % de los contadores en laboratorios habilitados. Este proceso se realiza antes de la puesta en mercado del contador, y es aplicable desde los contadores de alta precisión para grandes consumos hasta el contador doméstico monofásico que no requiere características especiales según el Reglamento de Puntos de Medida. Para nuevas instalaciones, igualmente los contadores electrónicos ofrecen opciones interesantes, como doble registro y reloj tarifador en el mismo equipo, ideal para la tarifa nocturna, medida en los dos sentidos para consumo y generación (por ejemplo para plantas solares fotovoltaicas conectadas a la red) también en el mismo equipo (incluso en monofásico), lectura remota por interfaz serie, almacenamiento de consumos históricos, de consumos máximos, etc.

El control metrológico del Estado es claro en sus diversos reglamentos en cuanto a la verificación primitiva de los contadores antes de su puesta en mercado. Ésta debe realizarse en laboratorios que deben demostrar unas dotaciones especiales acordes con los instrumentos que se van a verificar, y han de ser habilitados por la Administración competente.

La incorporación al contador en todos los tipos de puntos de medida, excepto el Tipo 5, de un protocolo de comunicaciones normalizado, revisado y ampliado por las compañías eléctricas ha supuesto un logro que eleva al sector español a la cima tecnológica mundial en estandarización aplicada a la

[4] R.D. 1617/1985, sobre habilitación de Laboratorios de Verificación Metrológica, y Sentencia 236/1991 del Tribunal Constitucional

liberalización energética. La incorporación de la firma electrónica, en realidad menos utilizada de lo deseable, confirma lo anterior. El protocolo unificado permite la coordinación de la configuración, parametrización y lectura de los valores, de forma que puedan ser leídos universalmente por distintos encargados de la medida, bien en forma local o remota.

La aparición de una reciente directiva europea sobre instrumentos de medida[5], y que aplica a los contadores de energía activa, estáticos o electromecánicos, (no aplica a los contadores de energía reactiva), exigirá una serie de requisitos esenciales cuyo cumplimiento se podrá demostrar a través de unas nuevas normas[6] que está preparando CENELEC[7].

6.2.3. La medida eléctrica en la gestión energética

Todas las situaciones indicadas en los anteriores párrafos convierten al contador de energía eléctrica en un equipo más complejo, Foto 1, pero no por ello menos accesible para el usuario final. El conocimiento de la información que nos puede ofrecer, por ejemplo la curva de carga de los consumos, permitiría una mejora en la contratación de unas tarifas más acordes con nuestro perfil de cargas. El contador se puede convertir, por tanto, en una inversión por la que se puede obtener un rápido retorno por eficiencia energética.

De hecho, entre los múltiples aspectos que intervienen en la eficiencia energética, a continuación se mencionan los relacionados con la gestión energética:

- Ajuste de la temperatura de confort a niveles apropiados (cada grado en el termostato representa un 6 % de gasto).
- Medida de precisión incluso en cargas bajas, descubriendo el consumo de los dispositivos en *standby*, es decir, encendidos pero sin realizar su función principal.

---

[5] Directiva 2004/22/CE relativa a los instrumentos de medida
[6] Ponencia "Nuevas normas europeas para contadores de energía eléctrica en relación con la M.I.D."en el 3er Congreso Nacional de Metrología, Zaragoza, mayo 2005
[7] CENELEC es el órgano europeo encargado de preparar las normas EN sobre electrotecnia

Foto 1. Contador mercado libre.

- Compensación de energía reactiva.
- Distribución de costes.
- Gestión tarifaria; cuál es la mejor tarifa aplicable según el perfil de consumos.

Para comprobar la eficacia de estas acciones, es decir para tener la información energética, es necesario realizar medidas de consumo, que requerirán de un contador electrónico acorde a los nuevos requisitos legales y que permita acogerse a la liberalización del sector eléctrico. Pero también se puede requerir medidas sectorizadas, con pequeños contadores para conocer la distribución de costes energéticos. Estos pequeños contadores, Foto 2, pueden mandar sus registros a una centralización para mayor comodidad del gestor.

Foto 2. Contador modular.

Los modernos contadores estáticos como el de la Foto 1 son capaces de registrar el perfil de cargas del edificio. También tienen programado el nivel de potencia máxima acordado con la compañía eléctrica, y cuyo sobrepasado supone una gran penalización en la factura eléctrica. El contador nos puede anticipar esta situación antes de que se produzca este exceso, de forma que se puedan liberar ciertas cargas de menor prioridad.

Por último, la información energética del contador puede obtenerse de forma remota por diversos medios (interfaces físicos, mediante portadoras, por radiofrecuencia), o también en modo local (interfaz óptico). De esta forma, al tener

exactamente los mismos datos que la comercializadora, se puede anticipar la factura de energía eléctrica.

6.3. Características del sistema de gestión técnica en un edificio inteligente. Principales automatismos

Los edificios inteligentes, además de ajustar su funcionamiento a determinados parámetros de acuerdo con programas establecidos, cuentan con todos los recursos de las comunicaciones y la informática avanzada. Para ello agregan a la pura automatización de gestión, seguridad y ahorro energético, una infraestructura integrada que permite las máximas prestaciones en los campos de las telecomunicaciones y la automatización de oficinas. En síntesis, los edificios inteligentes resultan de una conjunción de tecnología y entorno con vistas a la consecución de las mejores estrategias de confort ambiental posibles. Para ello se procede a la distribución en el edificio inteligente de reguladores autónomos que se comunican con un computador central. En este esquema, las funciones asignadas a los controladores son las de regulación, monitorización, cálculos y ahorro de energía. Para el computador central se reservan funciones no cruciales tales como auditoría, visualización, optimización y mantenimiento. Los sistemas expertos se utilizan en climatización para la selección de tipos de equipos a ser instalados en un edificio en función del clima, ubicación, requisitos de mantenimiento, provisión de espacios para planta, presupuesto, consideraciones de ahorro energético, preferencias individuales, etc.

El sistema de gestión técnica del edificio deberá reunir las siguientes características:

- Ser un sistema completamente configurable y adaptable a las necesidades actuales de gestión de las instalaciones y sus posibles modificaciones y/o ampliaciones futuras.
- Posibilitar de forma segura y eficiente la gestión del funcionamiento de las diferentes instalaciones en el edificio o edificios.
- Garantizar la seguridad y confort de las personas.

- Salvaguardar la integridad tanto de las personas como de los equipos.
- Ser un conjunto de aplicaciones al servicio de una solución global adaptada tanto a las necesidades de control de los varios subsistemas de este proyecto como al acceso a la información existente en los varios subsistemas de este proyecto.
- Satisfacer los requerimientos de gestión específicos de este proyecto.
- Gestionarse desde ordenadores personales de tipo estándar.
- Emplear sistemas operativos estándar de Microsoft Windows NT o Windows 2000.
- Proporcionar una forma de enlace de estilo web para que los operadores puedan monitorizar y controlar con comodidad las instalaciones a su cargo.
- Poder trabajar en red, basadas en protocolo estándar TCP/IP.
- Permitir comunicaciones con otros sistemas de gestión técnica del edificio vía redes de área local y de área amplia.
- Redes de ordenadores personales y con sistemas de otras áreas de la empresa.

El sistema de gestión técnica del edificio deberá poder integrarse:

- Con sistemas existentes en otras áreas de la empresa utilizando plataformas de enlace, de tipo estándar y abiertas.
- Con aplicaciones del ámbito internet e intranet.
- Seleccionando, para cada situación, la solución más conveniente.
- De manera transparente permitiendo el posterior reprocesado y distribución de la información.

Actualmente, se apuesta por sistemas de gestión e integración únicos e integrados al máximo, compuestos por:

- HVAC (Climatización).
- Iluminación.
- Incendios.
- Seguridad.
- Monitorización de video.

- Distribución eléctrica.
- Consumos energéticos.
- Control de Accesos.
- Control Ambiental.

Figura 2. Ejemplos de dispositivos para la automatización.

Mediante la regulación y control de:

- *Fan-coils* de habitaciones.
- Climatización zonas comunes.
- Producción Calor- ACS (Agua Caliente Sanitaria).
- CGBT (Cuadros Generales de Baja Tensión) y grupos electrógenos.
- Integración de medidores de parámetros eléctricos.
- Incendios.
- Etc.

El control de las variables ambientales de un edificio a controlar son: temperatura, humedad, iluminación, accesibilidad, etc.; todo ello bajo un esquema que optimice el ahorro energético, a fin de reducir los perfiles de carga que requieren mucho abastecimiento convencional de energía.

Así, la tendencia para la solución de la climatización, son soluciones abiertas adaptables a cambios o ampliaciones para control de calefacción, ventilación y aire acondicionado. Estas soluciones, están basadas en protocolos de comunicación estándar (tecnología LonWorks®, Tecnología EIB KNX, etc.).

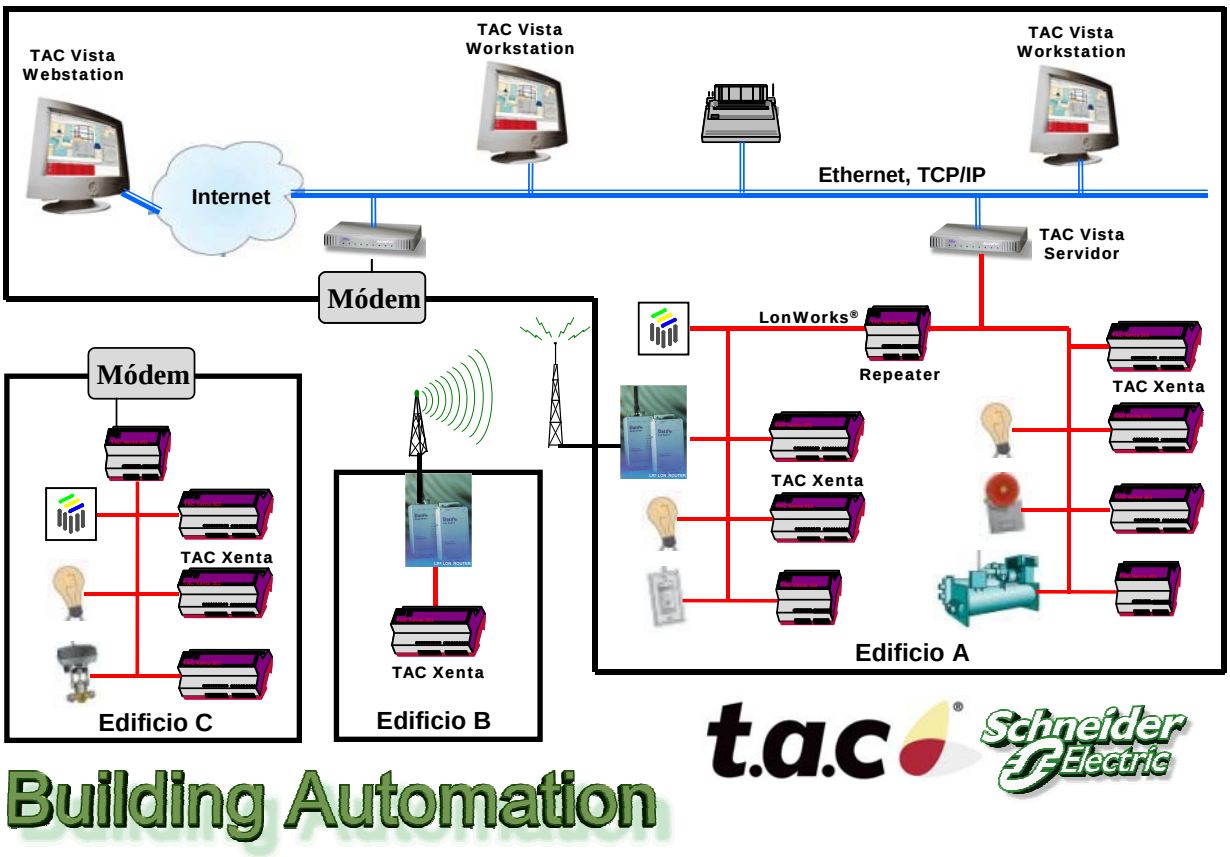


Figura 3. Esquema de adquisición de datos.

Los principales elementos y automatismos que se utilizan para el control del edificio son:

- Controladores preconfigurados.
- Controladores programables.
- Dispositivos de Comunicación.
- *Software* de programación y de supervisión.
- Equipo de campo.
- Sensores.
- Válvulas.
- Actuadores.

Un ejemplo de los principales automatismos para la gestión de ahorro energético son:

- Sensor de presencia.
- Reloj.
- Sistema de acumulación.
- Controlador del sistema de iluminación.
- Conmutador de llave térmica.
- Conmutador del sistema de calefacción.

Así, y como ejemplo para un edificio, el sistema de gestión de ahorro energético funcionaría de la siguiente manera.

El sistema de acumulación se compone de un banco de baterías que se cargan entre la una y las siete de la mañana cuando la tarifa de la compañía eléctrica es más económica. El resto del día el sistema de acumulación se utiliza para activar el sistema eléctrico y para calentar el tanque de agua caliente que provee de agua caliente a todo el edificio.

Mientras el sistema de acumulación se está cargando, el edificio se encuentra conectado a la red eléctrica para suministrar energía a todo el edificio. Además, cada persona posee una tarjeta magnética para ingresar a la habitación y cuando entra a la habitación se debe colocar la tarjeta en una cerradura especial y cuando sale de la habitación se debe extraer la tarjeta. Cuando la persona se retira de la habitación y saca la tarjeta automáticamente se desactiva la llave térmica y se corta el suministro de energía a esa habitación; así se consigue que cuando no haya personas en una habitación no quede ningún artefacto encendido.

En el actual paradigma distribuido de control de edificios, las funciones de supervisión y monitorización están reservadas al computador central, mientras que los aspectos del control derivados de estrategias locales se delegan en los controladores zonales.

Las ventajas que ofrecen los automatismos que se utilizan para la gestión energética respecto a las instalaciones convencionales, son las siguientes:

1. Incrementan la sensación de confort, manteniendo la temperatura ambiente entre niveles predefinidos y aportando frío y/o calor simultáneamente según la zona.
2. Aumentan el conocimiento y control de la instalación, mediante horas de funcionamiento de bombas, calderas, enfriadoras, etc., sabiendo en todo momento el estado de filtros, actuadores y consumos, entre otros.
3. Minimizan el consumo energético, mediante el uso de aportación solar para ACS (Agua Caliente Sanitaria), utilizando las calderas sólo cuando es imprescindible, minimizando el consumo en salas no ocupadas y limitando el gradiente de consigna de temperatura.

De esta forma, se conseguirá una mayor duración de las bombas, calderas, etc., minimizando el consumo eléctrico y de gas.

6.4. Últimas tendencias. Dispositivo asistido desde PC para la reducción del gasto eléctrico

Actualmente la energía de uso industrial y doméstico más limpia, segura y eficiente que el ser humano tiene a su disposición es, sin duda alguna, la energía eléctrica.

Sin embargo, los inconvenientes comienzan ya a la hora de producir dicha energía, dado que más del 90 % de la generación de la electricidad provoca una grave contaminación de nuestro entorno debido a las emisiones atmosféricas producidas durante la combustión en las centrales térmicas. Y el problema se agrava con la escasez y el alto precio de venta de la electricidad, hasta el punto de tener que dar paso al uso directo de combustibles líquidos y gaseosos, como fuentes de energía industrial y doméstica; repercutiendo gravemente en nuestras economías estatales, empresariales y domésticas.

La mejor aportación que todo usuario de energía eléctrica puede realizar a su propia economía y al medioambiente es, precisamente, el uso racional y solidario

de dicha energía. Desafortunadamente, esto es muy fácil de decir y muy difícil de lograr sin los medios técnicos apropiados. De hecho, hasta la aparición de nuevos dispositivos tecnológicos de última generación, no ha existido ningún sistema que permitiera dotar de inteligencia propia a cualquier tipo de instalación eléctrica mediante un sistema eficaz, amortizable y de fácil uso a la vez.

6.4.1. Descripción del sistema

La alta tecnología que brindan los actuales microprocesadores es en lo que se basa la nueva generación de dispositivos como es el "Gestor-Economizador de Consumo Eléctrico (GCE)". El sistema se basa en que los cuadros eléctricos dejan de reaccionar de forma puramente "vegetativa" y pasan a transformarse en gestores inteligentes del consumo eléctrico, tanto a favor del usuario, como de las empresas eléctricas fidelizando el mercado.

Así nace el concepto sobre la "Gestión Localizada de la Demanda Eléctrica Asistida por Ordenador".

Las nuevas tecnologías han aportado herramientas y sistemas que han permitido, con total garantía, abordar la problemática del ahorro en el gasto eléctrico a través de la reducción directa de los kWh.

Gracias a estos trabajos de investigación se han podido desarrollar equipos como el GCE, de tecnología íntegramente española, y que ha sido probado con éxito permitiendo lograr una considerable reducción del gasto eléctrico en cientos de empresas y de hogares.

La instalación de equipos de esta naturaleza en el cuadro eléctrico de la vivienda contribuye de manera directa a mejorar las condiciones de vida de un colectivo de millones de consumidores de energía eléctrica, domésticos e industriales, que reclaman de forma creciente ayuda para reducir su gasto eléctrico.

El funcionamiento de los equipos GCE es muy sencilla, localizan y eliminan de forma automática los tres tipos de Gastos Eléctricos No Deseados existentes en la práctica totalidad de instalaciones:

1) Consumos latentes inadvertidos y consumos debidos al *stand-by* excesivo, no aceptable, de determinadas cargas que ocasionan un gasto eléctrico constante en situación de reposo.
2) Gastos eléctricos provocados por olvidos, fallos y/o averías de equipos en régimen de uso habitual o productivo: consumos innecesarios de origen humano, o bien de tipo técnico.
3) Sobrecargas ocasionadas por una eventual simultaneidad de consumos producidos de forma aleatoria, bajo una demanda expresa pero no consciente, o bien de forma automática por la propia instalación. Y que además pueden provocar penalizaciones debidas a los maxímetros.

La monitorización de la potencia en €/hora y la modelización programada del gasto eléctrico en € que realizan estos sistemas permite localizar el 100 % de los Consumos Eléctricos No Deseados de cualquier instalación, para posteriormente eliminar o reducir dichos consumos.

De esta manera se logra economizar desde un 5 % hasta más del 20 % en el gasto total de la energía eléctrica consumida en kWh, como componente más importante del gasto eléctrico, tanto a nivel industrial como familiar.

6.5. Criterios energéticos. La aportación de la domótica

Hasta la aparición de la domótica, la gestión de las diversas fuentes de energía del hogar y los edificios se ha basado en criterios tales como control termostático y/o apagados y encendidos programados.

En cualquier caso el fin de estos controles era un ahorro del consumo en sí mismo. Adicionalmente se pueden tener en cuenta otros factores como el confort

de las personas, las variables meteorológicas externas o los hábitos de consumo de los propios habitantes y usuarios.

La eficiencia energética y el desarrollo sostenible, como conceptos modernos, se ha basado en la construcción (arquitectura bioclimática) y en el uso de fuentes de energías renovables (solar y eólica).

La domótica aporta la instalación y uso de dispositivos y sistemas que hacen evolucionar los sistemas constructivos, mediante la medición y análisis de variables de consumo y confort, y elevan el rendimiento de los sistemas generadores de energía, fundamentalmente los sistemas solares fotovoltaicos y los sistemas solares de acopio solar pasivo.

6.5.1. Sistema de monitorización de construcciones bioclimáticas

El sistema de medición y análisis utiliza un protocolo de comunicación estándar con el objetivo de mejorar la eficiencia de las construcciones bajo la denominación de arquitectura bioclimática, es decir, con características especiales en aislamiento, materiales, geometría y orientación.

Dicho sistema está integrado por sensores externos, instalados fuera del edificio, que miden las variables meteorológicas:

- radiación solar,
- velocidad y dirección del viento,
- pluviometría,
- temperatura,
- humedad,

y una red de sensores internos que monitorizan las distintas temperaturas y niveles de humedad en cada una de las estancias del edificio.

Todos estos sistemas de medición se interconectan con la unidad central de recogida de datos a través de RS-232.

El sistema cuenta a su vez con diferentes contadores de consumo:

- Electricidad.
- Agua caliente/termias.
- Agua fría.
- Gas.

Estos equipos de medición se conectan directamente o bien a través de interfaces específicos con el bus domótico.

Bajo el objetivo de analizar el consumo de energía necesario para alcanzar un determinado nivel de confort, todas las señales mencionadas antes, junto con los datos recogidos por los distintos termostatos, son enviados a un ordenador central donde se almacenan en una base de datos estructurada en la que se almacenan los datos enviados por cada una de las sondas y resto de equipos de medición registrándose el momento exacto (minuto, hora y día) que se realiza dicha medición, Fig. 4.

Figura 4. Modo de recogida de información.

El ordenador está diseñado de acuerdo a criterios industriales en cuanto a robustez y durabilidad, además está montado en una caja cerrada (para evitar cualquier manipulación) en la que se albergan el resto de equipos de captura y transmisión de datos (*router* ADSL y modulo GSM).

Las dimensiones de esta unidad son reducidas (30 x 20 x 10 cm) con lo que permite ser instalada fácilmente en cualquier rincón del edificio donde lleguen los dos buses antes mencionados (RS-232 y EIB).

Los datos se almacenan en disco duro y tarjeta de memoria *flash* para mayor seguridad.

Se aprovecha la información obtenida de la experiencia de un sistema similar instalado en otro edificio construido de acuerdo a criterios tradicionales cercano al edificio bioclimático. Esto ayudará a establecer un análisis comparativo y así poder mejorar los sistemas de construcción que emplea la arquitectura bioclimática.

El diagrama de flujo de recogida y análisis de datos puede verse en la Fig. 5.

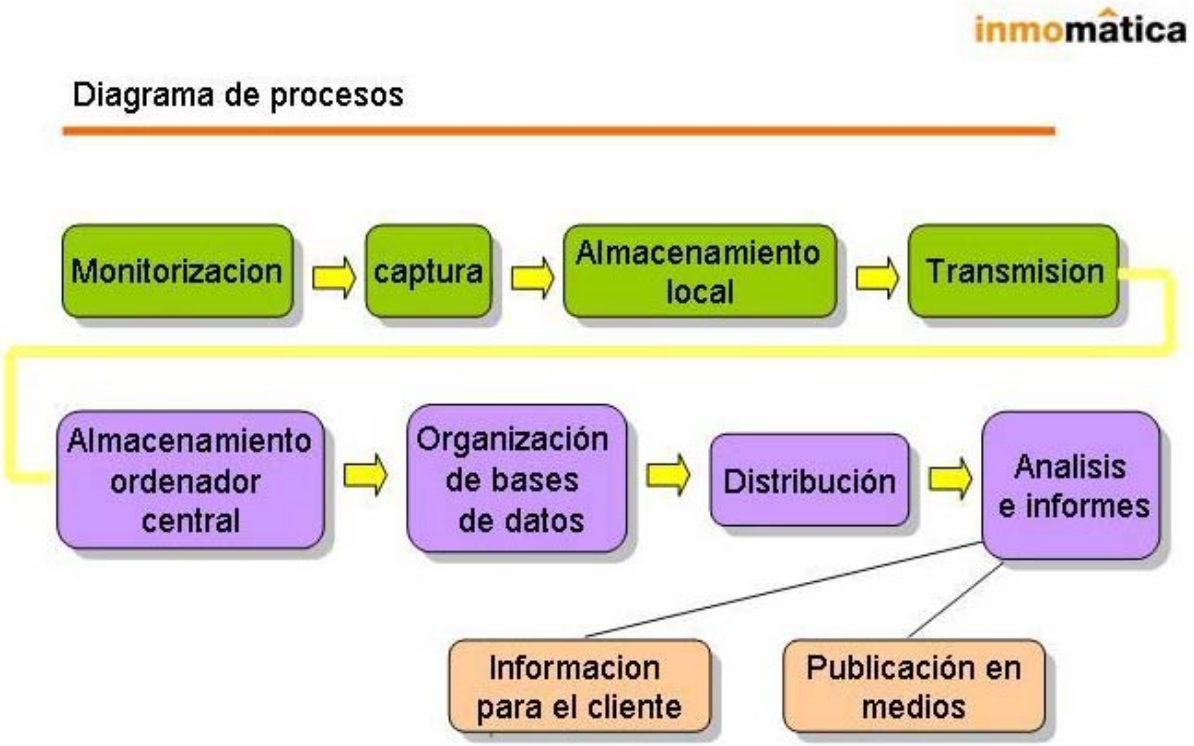


Figura 5. Diagrama de procesos.

Estos sistemas tecnológicos que permiten mejorar la construcción de los edificios y como consecuencia de ello ahorrar recursos energéticos y agua deben estar en funcionamiento continuo al menos dos años y deseablemente tres.

Con ello se consigue no sólo corregir y ajustar el sistema (primer año y cuatro estaciones) sino validarlo (segundo año) y realizar predicciones (tercero).

Los sistemas de medición de la eficiencia en la construcción moderna están permitiendo perfeccionar las técnicas arquitectónicas orientadas al ahorro de energía.

La tecnología y la domótica han aportado capacidades de análisis y medición de comportamientos de este tipo de construcciones con los que se han podido definir modelos informáticos para simular situaciones y nuevos diseños más eficientes y más respetuosos con el entorno.

Otra de las aportaciones de la domótica a la gestión eficiente de la energía son los nuevos dispositivos inteligentes que directamente generan un ahorro en el consumo eléctrico.

Capítulo

7 Aprovechamiento energético de residuos sólidos urbanos

7.1. Introducción

Históricamente se han empleado sistemas de incineración y aprovechamiento térmico de los residuos. Así, entre los recuerdos de infancia de muchos españoles está la imagen de quemar los desperdicios de la casa en lo que entonces se llamaba la *cocina económica*, que funcionaba con carbón, o en aquellos *borrajos* castellanos construidos con adobes de arcilla y que muchas veces tenían adosado un horno para cocer pan.

A medida que la sociedad se ha ido haciendo cada vez más urbana, se han variado las costumbres adaptándose a las nuevas necesidades de consumo. Análogamente también se ha modificado la composición de la bolsa de basura. Hoy en día ya no tiene cabida esa gestión individual de los residuos en el hogar, por su composición, por las implicaciones ambientales e incluso por la propia configuración de las cocinas modernas.

Siguiendo con el desarrollo histórico, cuando la cantidad de residuos que se producía en los hogares de las ciudades empezó a representar un problema, se organizaron los servicios municipales de recogida y limpieza, siendo generalmente el primer destino que tuvieron dichos residuos el del vertedero.

Rápidamente empezó a aparecer un nuevo problema, la quema de las basuras, unas veces voluntaria y otras de forma no deseada, aunque ello trajo como consecuencia favorable la de reducir el volumen de los residuos depositados. Muchas veces ese suceso ocurría como consecuencia de la combustión espontánea de los residuos, debido a la fermentación de la materia orgánica de las basuras.

Por ello se empezaron a preparar instalaciones dedicadas específicamente a la incineración de las basuras, como sistema de eliminación, de forma que durante años la incineración ha representado una práctica habitual para el tratamiento de residuos y aunque los primeros antecedentes de la incineración en Europa datan de 1876 en Gran Bretaña, fue en la segunda mitad del siglo XX, principalmente en la década de los 70, cuando se produjo un fuerte incremento en el número de plantas.

Las políticas medioambientales, tanto europeas como españolas, han concedido la máxima prioridad a la prevención de los residuos, es decir, a la no-generación de los mismos, seguida de su reutilización y valorización, dejando para el último lugar su eliminación segura, aunque dé la sensación que ha sido de una forma más voluntariosa que efectiva, pues cada año sigue aumentando la cantidad de residuos que se generan por habitante y día. De hecho todas las legislaciones nacionales y sus planes correspondientes han reiterado esa prioridad máxima de la llamada minimización (también conocida como 3R, reducción, reciclaje y recuperación) frente a la conocida como gestión clásica de residuos (tratamiento y vertido).

Aunque últimamente dentro de la estrategia europea de gestión de residuos, la incineración, como opción de aprovechamiento energético, representa una opción menor frente a la prevención o el aprovechamiento material, sigue representando una de las alternativas más consideradas en la gestión de residuos.

En la Unión Europea, el país que destaca por la valorización energética de los residuos es Dinamarca, donde se tratan mediante procesos de incineración el 58 % de los residuos municipales que se generan. Existen a continuación una serie de países, como Bélgica, Francia, Luxemburgo, Holanda y Suecia, con valores próximos al 40 %. Otros países europeos como Alemania y Austria están en el orden del 20 %, mientras que los países mediterráneos más Finlandia y el Reino Unido tienen valores del 10 % o incluso inferiores.

Las malas actuaciones en la quema y en la incineración de residuos sin las debidas precauciones, trajo consigo una mala imagen de este sistema de eliminación de residuos, así como una fuerte oposición social a las infraestructuras de este tipo. No obstante el desarrollo tecnológico ha sido muy fuerte en este

campo, especialmente en lo referente a los sistemas de depuración de gases y al control de la contaminación. Por este motivo se considera una opción muy válida de aprovechamiento de la energía contenida en los residuos municipales, especialmente mediante la utilización de nuevas tecnologías que modifican la tradicional incineración de los residuos, como pueden ser la preparación de combustibles derivados de residuos, la biometanización o los biorreactores activables.

En la presente guía se considera también la posibilidad de obtener un aprovechamiento energético de los lodos de depuradora, como un residuo municipal más.

Visto que no se deben tirar de cualquier manera los residuos que se han generado, ni devolver a los cauces las aguas contaminadas después de su utilización, las sociedades concienciadas proceden a aplicar opciones de gestión de residuos que cumplan con la estrategia y jerarquía anteriormente comentada y a depurar las aguas residuales antes de su vertido o reutilización.

Pero la depuración de esas aguas genera a su vez residuos, como son los lodos de depuradora, que se caracterizan por su alto contenido en agua. Esa es la razón de su importante volumen, de su dificultad de manejo y de las pobres características mecánicas.

Los lodos de depuradora también tienen un contenido en materia volátil elevado (hasta el 70 % de su materia seca), metales, carbono, hidrógeno oxígenos, etc. Todo ello hace que tengan un cierto poder calorífico, que los convierte en buenos candidatos para ser valorizados. El poder calorífico inferior (PCI) de los lodos suele ser del orden de 15.200 kJ/kg de materia seca (MS), que equivale aproximadamente a unas 21.750 kJ/kg de materia volátil.

7.2. Aprovechamiento energético de los residuos

Como se ha visto, la incineración ha sido históricamente el primer sistema para aprovechar la energía contenida en los residuos. Esa incineración es una

combustión controlada en la que el elemento combustible es el propio residuo. En ese proceso se produce un gran desprendimiento de calor, generalmente suficiente como para mantener la reacción de combustión.

Desde el punto de vista químico, toda combustión es un conjunto de reacciones de oxidación que tienen lugar, preferentemente, en fase gaseosa y por mecanismos de radicales libres, lo que conduce a la recombinación de las diferentes especies químicas presentes. Previamente existen otros mecanismos de gasificación y vaporización de los compuestos volátiles, preferentemente orgánicos. Las reacciones de oxidación y de destrucción térmica originan la formación de moléculas sencillas, como el CO_2 y H_2O, NO_x, etc., que son los componentes mayoritarios de los gases de la combustión, junto con el nitrógeno atmosférico.

Un elemento determinante en el tipo de proceso térmico, y en los resultados del mismo, es la cantidad de oxígeno presente, en relación con las necesidades estequiométricas (cantidad de oxígeno necesario para que se realice la combustión), tal y como se indica en la Fig. 1.

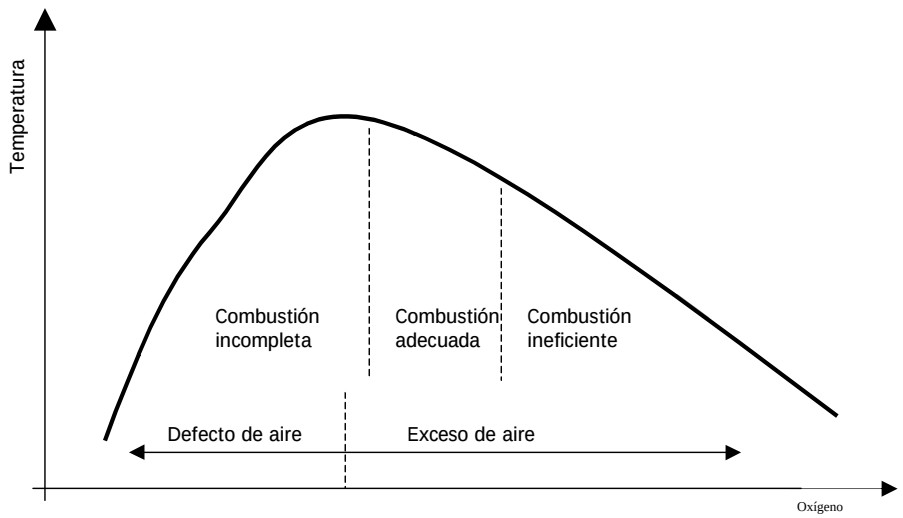


Figura 1. Curva de combustión.

- Puede hablarse propiamente de incineración si existe un exceso moderado de oxígeno. Las reacciones se producen a temperaturas elevadas, relativamente cercanas a las de combustión adiabática. Los productos de la reacción son las especies posibles más oxidadas, (CO_2, H_2O, NO_x); debido a la temperatura elevada, parte de los compuestos inorgánicos volátiles

estarán en las cenizas volantes. Los residuos sólidos de la combustión estarán exentos de compuestos volátiles y los metales estarán en su forma oxidada, lo que, previsiblemente, les confiere un carácter inerte.

- Si existe un defecto de oxígeno, de forma deliberada o momentánea, los procesos combinados de transferencia de masa y de calor pueden desarrollarse de dos formas distintas:

  - ü Si la temperatura es suficientemente elevada se produce una pirólisis, en la que las estructuras moleculares se rompen dando lugar a gases parcialmente oxidados, (CO, CH_4, etc.) y a residuos sólidos carbonizados. También suelen producirse vapores orgánicos que al enfriarse condensan en forma de mezclas de hidrocarburos pesados. No es segura la destrucción de todos los compuestos orgánicos vaporizados ni de que todos los metales no vaporizados estén en estado de oxidación completa.

  - ü Si la temperatura no es muy elevada no se produce la rotura molecular ni ningún tipo de reacción química sino la destilación y evaporación de sustancias volátiles, que en una posterior condensación dan lugar a líquidos o sólidos pastosos.

- Si el exceso de oxígeno es muy elevado, la combustión tendrá lugar a temperatura baja, debido a la gran cantidad de inertes en la mezcla de gases (por la presencia de nitrógeno). Independientemente de la ineficacia en la recuperación energética, no puede garantizarse la destrucción de los compuestos orgánicos presentes en los residuos.

Entre los principales sistemas de aprovechamiento energético de los residuos municipales, se pueden citar los siguientes:

- Incineración con recuperación de energía.
- Co-incineración en procesos industriales a altas temperaturas.
- Biometanización.

- Desgasificación de vertederos.
- Procesos basados en la generación de plasma.
- Incineración catalítica.
- Gasificación.
- Pirólisis.
- Termólisis.
- Incineración electroquímica.

A continuación se describen algunos de esos procesos térmicos que son más utilizados en la actualidad.

7.3. Procesos clásicos de incineración

La incineración, es en la actualidad el tratamiento más usual de destrucción térmica de los residuos municipales, y consiste en un proceso de combustión en medio oxidante a una temperatura de 850 – 1100 ºC, con objeto de destruir los componentes peligrosos de los residuos, reduciendo simultáneamente de forma importante su peso y su volumen. Con la incineración se pueden alcanzar porcentajes de reducción del 90 % en volumen, y del 65 % en peso.

La eficacia de la incineración como forma de tratamiento de residuos descansa fundamentalmente en la posibilidad de realizar las diferentes reacciones químicas de forma que los productos de reacción sean moléculas sencillas y se minimice la formación de productos de combustión incompleta, ya que éstos suelen tener características tóxicas y son un índice de que la reacción no se ha llevado a cabo de forma controlada.

Además del exceso de aire, los parámetros más importantes de las diferentes tecnologías de incineración están relacionados con la optimización de los procesos de transferencia de masa y de energía, de forma que los productos de reacción sean los deseados; estos parámetros que se utilizan como indicadores externos de la calidad del proceso de destrucción son: la temperatura mínima de combustión y el tiempo de permanencia a esta temperatura mínima. Un tercer parámetro a

considerar es la turbulencia, que facilitaría la adecuada interacción entre moléculas.

Los valores para estos parámetros se establecen en la Directiva 2000/76/CE del Parlamento y del Consejo, relativa a la incineración de residuos, (transpuesta al Derecho español por el RD 653/2003):

- Temperatura mínima de combustión de 850 ºC; cuando los residuos a incinerar contengan más del 1 % de cloro orgánico, esta temperatura mínima se elevará a 1100 ºC.

- El tiempo mínimo de permanencia a la temperatura señalada, tras la última inyección de aire, será de dos segundos.

- Las instalaciones se explotarán de forma que el contenido de carbono orgánico total de las escorias y cenizas sea inferior al 3 %.

- No existen especificaciones concretas sobre el exceso de oxígeno, pero sí un control muy estricto de las emisiones de CO, lo que, indirectamente, obliga a un determinado exceso del mismo.

Cabe señalar que la incineración puede realizarse en dos tipos de instalaciones:

- Las diseñadas específicamente para la destrucción de residuos, con o sin recuperación de energía. En éstas el objetivo fundamental es la destrucción de los residuos; la recuperación de energía debe considerarse como un objetivo secundario aunque, de acuerdo con la Directiva, la recuperación energética deberá aplicarse siempre que sea posible.

- Otras instalaciones diseñadas para otros fines pero que, por sus características, son susceptibles de ser usadas en el tratamiento de residuos. Para estas instalaciones, (cementeras, ciertas centrales térmicas, etc.), el tratamiento de residuos persigue la reducción del coste energético de otras

producciones, mediante la sustitución de combustibles tradicionales por residuos.

Para poder ser destruido mediante incineración, el residuo, o al menos sus principales componentes peligrosos, deben ser combustibles.

Pueden aparecer subproductos de la incineración como resultado de una combustión incompleta, o bien de la combustión de componentes presentes en los residuos y en el aire de combustión. Uno de los productos más controvertidos y con previsible incidencia en la salud humana y el medio ambiente son las dioxinas, que son sustancias resultantes de la combustión de muchos materiales en determinadas circunstancias (no sólo de los residuos).

Pueden distinguirse tres orígenes principales de las dioxinas en los procesos de incineración de residuos:

- Existencia previa de dioxinas en los residuos.
- Producción de dioxinas como consecuencia de la incompleta incineración de los mismos.
- Formación de dioxinas por la recombinación de radicales libres en el sistema enfriamiento de los gases (en un rango de temperaturas de 200 a 340 ºC), a pesar de que la incineración haya sido correcta. Puede evitarse el riesgo de formación de estas sustancias en dicho intervalo bajando muy rápidamente la temperatura desde 400 a 200 ºC y mediante la utilización de oxígeno u otros elementos que funcionan como catalizadores.

Por esa razón se han desarrollado sistemas de depuración de gases con un desarrollo tecnológico muy alto. De hecho, actualmente, los avances de la tecnología y la experiencia en estos procesos, permiten reducir la emisión de estos productos contaminantes a cantidades insignificantes (muy cercanas a los límites de detección).

Una planta moderna de incineración de residuos, de cualquier tipo, consta de las siguientes secciones:

- Sistema de recepción y alimentación.
  - Foso de recepción y almacenamiento del residuo.
  - Clasificación y selección de los residuos a incinerar.
  - Sistema de alimentación.
- Sistema de combustión.
  - Horno de combustión.
  - Cámara de postcombustión.
- Sistema de recuperación de energía.
  - Caldera de recuperación de calor de los gases de combustión.
  - Turbina de vapor.
  - Alternador de generación de energía eléctrica.
  - Subsistema de vapor y condensados.
- Sistema de depuración de gases (o de control de la contaminación atmosférica).
- Sistema de recogida de residuos sólidos o líquidos producidos (escorias, cenizas y efluentes).

En la Foto 1 se puede ver una planta de incineración y su sala de control, mientras que en la Fig. 2 se muestra un diagrama de bloques de una planta de incineración, con las relaciones entre las distintas secciones.

Foto 1. Planta de Incineración y su sala de control (Fuente: L. Mtz. Centeno – Planta de Melilla).

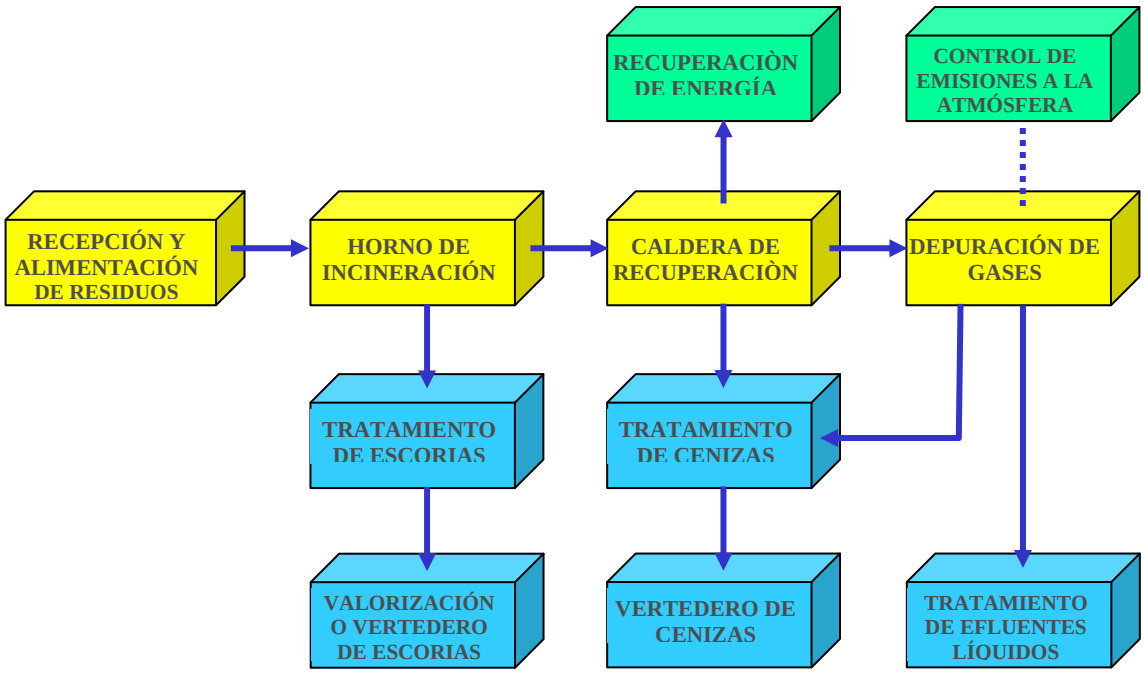


Figura 2. Diagrama de bloques de una planta de incineración.

7.3.1. Descripción general del proceso

El proceso comienza con la recepción de los residuos que se depositan en un foso cerrado y sometido a depresión para evitar los malos olores. Del mencionado foso y mediante la utilización de un *pulpo*, se introducen selectivamente los residuos en el sistema automático de alimentación, capaz de impedir la introducción de residuos si no se dan todas las condiciones de correcta operación.

Una vez el residuo está dentro del horno, primeramente se produce su secado para posteriormente realizarse la combustión del mismo. Como consecuencia de esta combustión se producen unos residuos sólidos, llamados escorias, que se extraen por la parte inferior del horno, y una corriente gaseosa, que se introduce en la cámara de postcombustión donde, sometida a 850 ºC durante al menos dos segundos y con exceso de oxígeno respecto a las condiciones estequiométricas, se destruyen todos los compuestos indeseables y se oxida completamente todo el carbono que ha llegado en esa corriente gaseosa.

El calor que llevan los gases a la salida de la cámara de postcombustión, se puede aprovechar para calentar agua, procesos industriales o generar vapor, es

decir que se utiliza como calefacción o como un generador de vapor para usos industriales o para generar energía eléctrica mediante un conjunto de turbina de vapor y alternador.

Por último, antes de emitir a la atmósfera los gases de los que se ha recuperado buena parte del calor que portaban, se someten a un proceso de depuración, de forma que al emitir por debajo de los límites fijados por la normativa, no se produzcan procesos de dispersión de contaminación de un medio a otro.

En la Fig. 3 se puede apreciar un diagrama de una instalación de este tipo.

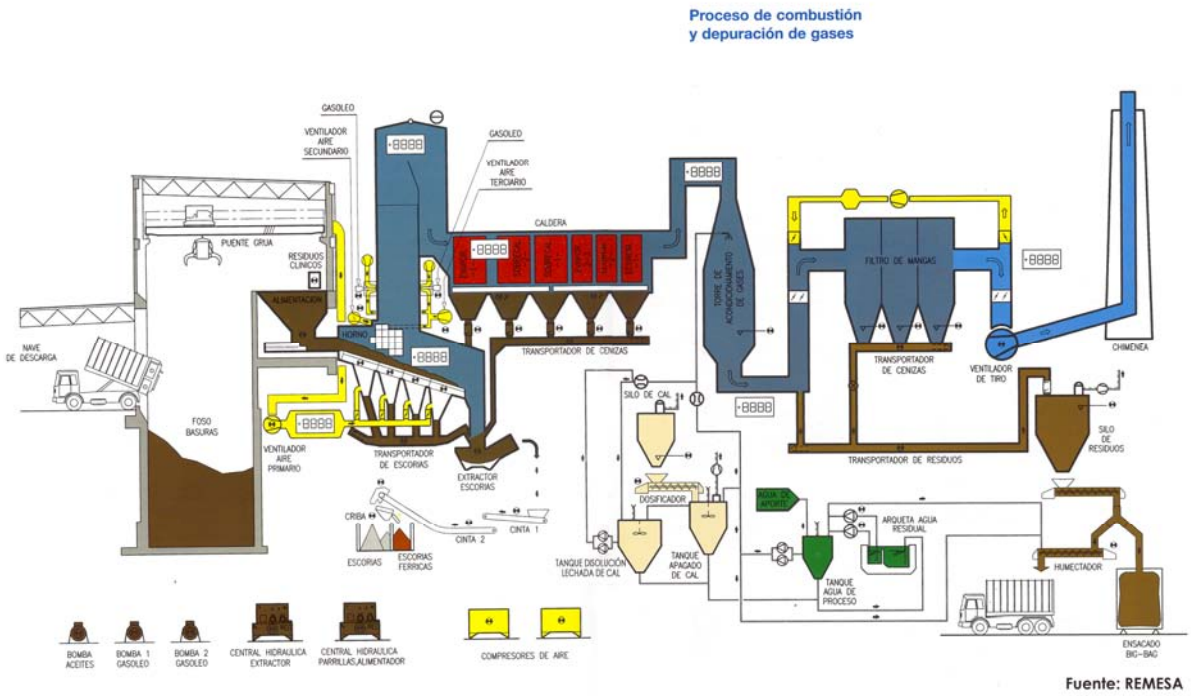


Figura 3. Diagrama de una planta de incineración.

7.3.2. Sistema de recepción y alimentación de residuos

La alimentación de residuos al proceso se puede realizar en masa e introducirlos tal cual llegan a la planta, o bien, someterlos previamente a un acondicionamiento con objeto de homogeneizarlos y mejorar así el rendimiento de la combustión.

Los procesos de pretratamiento y homogeneización pueden ser del tipo de separación de alguna de sus fracciones, ya sea manual o automática, o bien de homogeneización de su composición, tamaño o poder calorífico.

Especialmente cuando se usan hornos de tecnología de lecho fluidizado, son necesarios estos procesos de homogeneización, para lo cual se trituran los residuos de forma que el tamaño de los mismos sea uniforme.

Dada la tipología de los residuos que llegan en las basuras, prácticamente todos los hornos necesitan de algún sistema de trituración o cizallado para poder introducir los que son de gran tamaño, como los llamados "residuos voluminosos" o los neumáticos fuera de uso enteros.

7.3.3. Sistema de combustión

El sistema de combustión es la pieza fundamental del sistema de tratamiento térmico de los residuos. Ya se ha explicado el mecanismo de la combustión, y lógicamente existen diferentes diseños y tecnologías, siendo las más comunes para los residuos municipales las que utilizan hornos de parrillas móviles, hornos de lecho fluidizado o incluso hornos rotatorios.

Los hornos más utilizados son los de parrillas móviles, que permiten capacidades de hasta 50 t/h de residuos, y entre los que se pueden distinguir:

- Parrillas con alimentación hacia delante:
  - De vigas longitudinales.
  - De gradas transversales.
  - De rodillos.
- Parrillas con alimentación en retroceso:
  - De movimiento solidario de las gradas.
  - De movimiento independiente por zonas longitudinales.

En este tipo de hornos el avance del residuo dentro del horno se produce mediante un movimiento mecánico de determinadas partes de la parrilla del fondo

del horno, que no solamente hace que el residuo avance dentro del horno, sino que además contribuye a remover el residuo para que se produzca una combustión homogénea de toda la basura. También se introduce el aire primario necesario para la combustión a través de dicha parrilla.

Otra tecnología en auge es la de lecho fluidizado, consistente en un fluido que atraviesa en dirección ascendente un lecho de partículas sólidas soportadas por un distribuidor. En el interior de dicho lecho se van introduciendo en continuo los residuos a tratar.

Los tipos de hornos de lecho fluidizado dependen de la velocidad de fluidización y de presión de operación:

- Según la velocidad de fluidización:
  - Lecho fluido burbujeante.
  - Lecho fluido circulante.
- Según la presión de operación:
  - Lecho fluido atmosférico.
  - Lecho fluido a presión.

Los hornos de lecho fluido burbujeante constan de una vasija de material cerámico refractario, que constituye la cámara de combustión, y una placa de distribución de aire o placa de fluidización, que sirve para sustentar el sólido y para distribuir uniformemente el aire.

Dentro de la vasija se diferencian también dos zonas, la zona densa del lecho y la zona libre del lecho, situada esta última en la parte superior de la cámara de combustión.

Las velocidades del aire en este tipo de hornos son de 0,15 – 3 m/s, que permiten tiempos de residencia de los gases de hasta 5 segundos.

Los hornos de lecho fluido circulante trabajan a una velocidad de aire superior, entre 4,5 y 6 m/s, suficiente para arrastrar las partículas del lecho, por lo que

además de la vasija y la placa de fluidización, disponen también de un ciclón y de una rama de retorno, para devolver los sólidos a la cámara de combustión.

Por otro lado los hornos rotatorios apenas se usan para los residuos municipales, siendo su uso más generalizado para los residuos industriales. Suelen ser unos tubos de 1 – 5 m de diámetro y 8 – 20 m de longitud, que giran a velocidades entre 0,5 y 2 r/min, con una inclinación del 2 – 4 %, que permiten capacidades de tratamiento de 0,1 – 20 t/h de residuos.

Ahora bien, los residuos constituyen un tipo de combustible extremadamente heterogéneo que presenta fluctuaciones, a veces importantes, de su contenido de humedad y de sustancias orgánicas y, como consecuencia, de su poder calorífico. Esta particularidad exige un especial cuidado en el diseño de las instalaciones de combustión para optimizar la misma.

Por otra parte no hay que perder de vista que el principal objetivo de este tipo de instalaciones es el de destruir adecuadamente los residuos, neutralizando sus componentes peligrosos y, de paso, aprovechando la energía que pueden aportar. Por todo ello, las condiciones de combustión no son las estequiométricas, sino que habrá que suministrar un exceso de aire, que con las tecnologías actuales se ha podido comprobar que debe ser el necesario para tener una concentración de oxígeno libre entre un 6 y un 10 %, para que la combustión sea completa. Por debajo del 6 % o por encima del 10 %, se tendrían concentraciones elevadas de monóxido de carbono (CO), índice de una combustión deficiente (por falta de oxígeno o por baja temperatura).

La temperatura también es un parámetro importante para que haya una buena y completa combustión. Es necesario que sea alta durante un tiempo suficiente, para evitar la formación de sustancias organocloradas (precursoras de las dioxinas). Pero por otro lado, no debe ser excesivamente alta para evitar la fluidificación de las cenizas volantes (se produce a 1.160 ºC), aunque este último caso se neutraliza con el enfriamiento de los gases que se produce en la caldera de recuperación de calor.

Las escorias que se obtienen como residuo sólido a la salida del horno, no deben contener materia orgánica ni, por tanto, perder peso a la llama, pues lo contrario indicaría que no se ha realizado una buena combustión. Si eso se cumple, las escorias producidas serán un material inerte, que podrá aprovecharse para obras civiles, o bien, depositarse en un vertedero de inertes.

Otro punto que se ha estudiado con detalle en los nuevos diseños de hornos es el relativo a la producción de compuestos de nitrógeno en los gases de salida, obteniéndose hornos con unas emisiones de NO_x adecuadas.

Con todo lo anteriormente expuesto, el horno deberá ser capaz de mantener consistentemente una elevada calidad de incineración, materializada en:

- Contenido muy bajo de inquemados en humos y escorias.
- Bajas concentraciones de monóxido de carbono en los humos.
- Temperaturas de humos por encima de 850 ºC durante más de dos segundos.
- Capacidad para incinerar residuos de bajo poder calorífico y elevada humedad.
- Fácil adaptabilidad a las cambiantes condiciones del "combustible".
- Capacidad para mantener el exceso de oxígeno por encima del 6 %.

Asimismo, el diseño contemplará medidas para impedir las adherencias de cenizas fundidas en las paredes del horno, distribuir correctamente los aires de combustión y recoger, sin provocar obstrucciones, los finos y metales fundidos que se producen durante la incineración.

El aire de combustión habitualmente se aspira del foso de residuos, con lo que se mantiene éste en depresión, evitando de esta forma la propagación de olores y materiales ligeros al exterior. En caso necesario, los aires secundario y terciario se aspiran del ambiente.

Todas estas condiciones de combustión se consiguen en el conjunto que constituye el horno de incineración y la cámara de postcombustión, que es la zona donde se completa la combustión de los gases desprendidos de la combustión de los residuos.

Como la temperatura es un parámetro crítico para la completa destrucción de los contaminantes, en el caso de que no se pudiesen alcanzar los 850 ºC requeridos, se colocan unos quemadores de combustible tradicional (gasoil, fueloil, etc.) en la cámara de postcombustión, que entran en funcionamiento automáticamente cuando la temperatura disminuye de un valor prefijado.

7.3.4. Sistema de recuperación de energía

Como para destruir los residuos y los compuestos indeseables presentes en ellos, ha sido necesario alcanzar una elevada temperatura de los gases, sería un derroche no aprovechar las calorías que acompañan a esos gases. Por este motivo se instalan sistemas de recuperación de esa energía.

Los sistemas de recuperación de energía que se utilizan más habitualmente son:

- Calderas de agua caliente.
- Calderas de vapor de baja presión.
- Calderas de vapor de alta presión.

En la Foto 2 se puede apreciar una caldera de recuperación de construcción horizontal, con lo que resulta más fácil la limpieza de sus tubos ante la incrustación externa de partículas.

En estos sistemas se hacen pasar los gases calientes por el exterior de unos tubos, en cuyo interior circula agua y según las características del diseño se puede obtener agua caliente o vapor en diferentes condiciones de presión y temperatura.

Las calderas de agua caliente se utilizan fundamentalmente para calefacción de edificios, mientras que las calderas de vapor se utilizan para obtener energía eléctrica, al transformar la energía contenida en el vapor en energía cinética que mueve una turbina unida solidariamente a un alternador que genera electricidad.

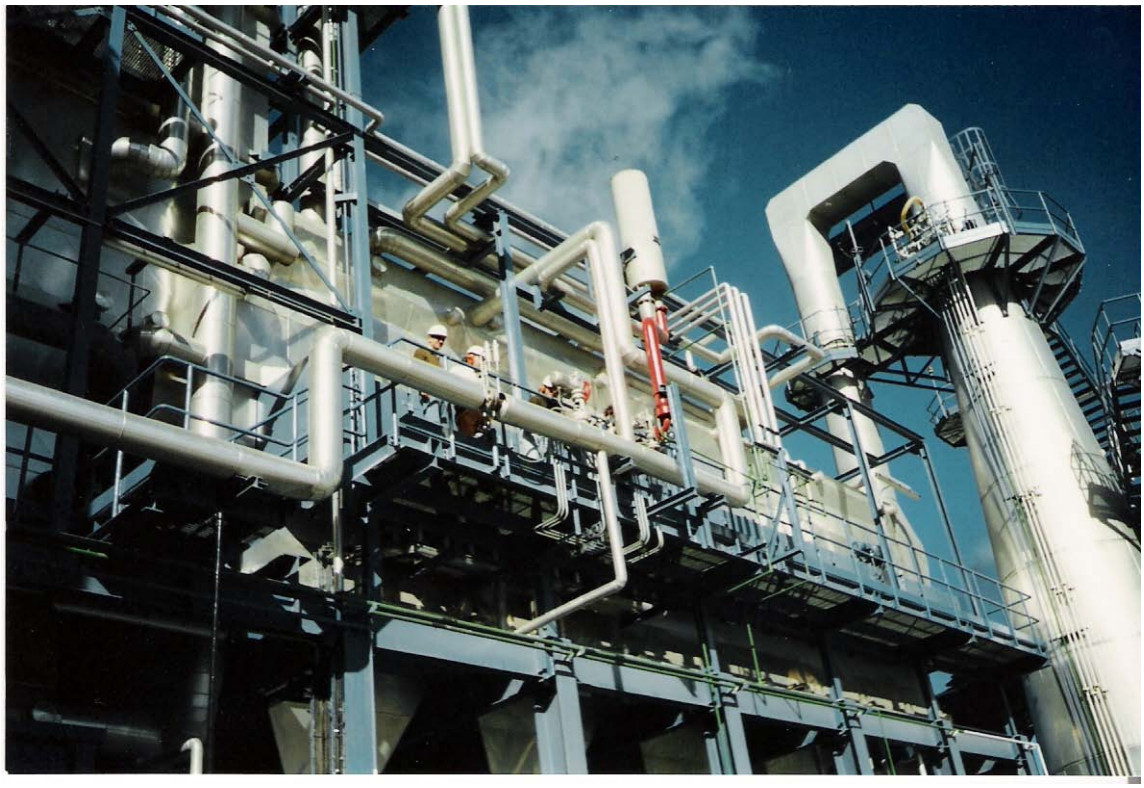


Foto 2. Caldera de recuperación de una planta incineradora. (Fuente: L. Mtz. Centeno – Planta de Melilla).

El diseño de las calderas de recuperación de energía será tal que las velocidades de los gases minimicen las erosiones, corrosiones o depósitos de polvo entre los tubos. Los periodos entre paros para limpiezas extraordinarias deben permitir el máximo número de horas de trabajo continuo, manteniendo entre tanto las especificaciones de temperaturas como la producción de vapor, en su caso.

También deben disponer de mecanismos de limpieza en marcha, tales que no produzcan oscilaciones apreciables en la producción de vapor o de agua caliente, en el rendimiento de la caldera y que sean fáciles de operar y mantener.

En el caso de recuperación de energía en forma de corriente eléctrica, el vapor producido por la caldera deberá ser vapor recalentado y se utilizará para alimentar una turbina de condensación (como la de la Foto 3), provista, a veces, de una extracción intermedia. El propósito de esta turbina es el de generar energía eléctrica y proporcionar vapor de media presión para las necesidades del ciclo de

vapor y condensados de la planta, como se puede apreciar en el esquema de vapor y condensados que se muestra en la Fig. 4.

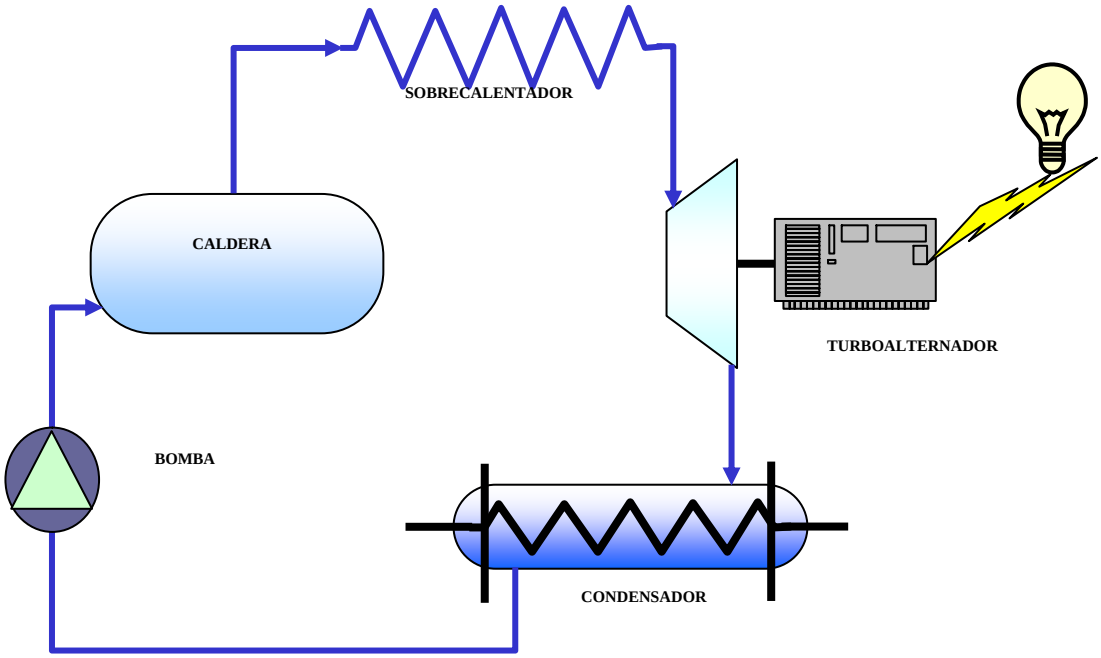


Figura 4. Esquema del ciclo de vapor y condensados.

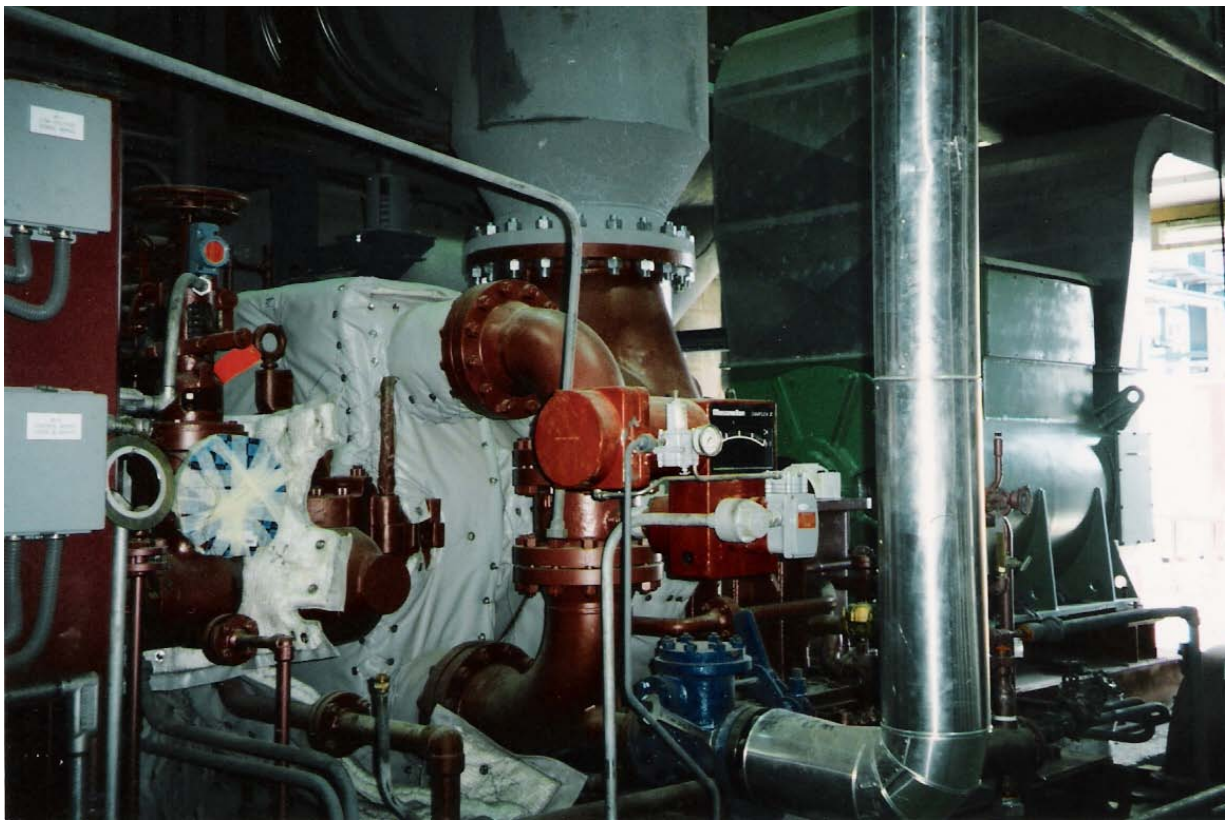


Foto 3. Turbo-alternador. (Fuente: L. Mtz. Centeno – Planta de Melilla).

La energía se transformará en electricidad en un alternador trifásico conectado con la red de distribución después de elevar la tensión de la electricidad producida hasta los valores específicos de dicha red. Se puede utilizar la energía eléctrica producida para el autoconsumo de la planta y vender el excedente de esa electricidad.

7.3.5. Sistema de depuración de gases

Los gases que salen del sistema de recuperación de energía pueden llevar diferentes contaminantes que es necesario eliminar antes de proceder a su emisión a la atmósfera, por lo que se sitúan a continuación los sistemas de depuración de gases.

Para reducir la emisión de contaminantes se adoptan medidas primarias y secundarias, las primarias se basan en conseguir condiciones adecuadas de combustión para que a los gases no lleguen contaminantes indeseados, mientras que las secundarias son de tipo correctivo, es decir, tratan de eliminar los contaminantes que se han generado. Entre estos últimos cabe citar los controles básicos, medios y avanzados de emisiones.

Los controles básicos tratan de eliminar las partículas, para ello se utilizan diferentes equipos, como: ciclones, lavadores húmedos, filtros de mangas o precipitadores electrostáticos.

Los controles medios de emisiones tratan de reducir el carácter ácido de algunos gases y los metales pesados que puedan estar contenidos en ellos. Se utilizan tres sistemas generales diferentes de tratamiento de gases de las plantas de incineración:

- El sistema seco, en el que los reactivos son añadidos en forma de polvo seco, tras un acondicionamiento de los gases en cuanto a temperatura y humedad; el residuo final del proceso es, también, un polvo seco que se retira mediante cintas o tornillos sin fin.

- El sistema semiseco, en el que el reactivo es añadido en forma de lechada (por ejemplo de cal), que permite a la vez el acondicionamiento de la temperatura de los gases; también el residuo es un polvo seco (debido a la evaporación del agua de la lechada), que se maneja como en el sistema anterior.

- El sistema húmedo, en el que los gases de combustión se lavan en contracorriente con agua y/o con un álcali líquido, en una o dos etapas diferentes; el residuo del proceso de limpieza es agua contaminada, con abundantes lodos, que debe ser sometida a tratamiento posterior.

En los dos primeros procesos los absorbentes de los gases ácidos son añadidos antes del filtrado de los gases, ya que interesa intensificar el contacto entre las partículas, tanto sólidas como gaseosas; los reactivos para la adsorción de las dioxinas y de los metales pesados volátiles, también son añadidos antes de la filtración; tanto el polvo como los reactivos son mayoritariamente recirculados para optimizar el consumo de los mismos.

En ambos casos, a diferencia de lo que ocurre con el sistema húmedo, es necesario un adecuado control de la temperatura y de la humedad en el sistema de depuración, para evitar las obstrucciones en los sistemas de filtración de partículas, que habitualmente son filtros de mangas; para el sistema húmedo este control no es necesario ya que la separación de la casi totalidad de partículas se produce antes de la humidificación.

Los controles avanzados de emisiones, además de las funciones de los controles medios, buscan reducir al máximo el carácter ácido de los gases, los metales pesados que pudieran contener y especialmente eliminar los compuestos orgánicos. Para ello utilizan los mismos sistemas que los controles medios pero además se adiciona carbón activo o ceolitas para retener los compuestos orgánicos.

Para reducir el NO_x de los gases, se utilizan equipos de reducción no catalítica selectiva (SNCR) y procesos de reducción catalítica selectiva (SCR),

basados en la reacción de amoniaco con estos compuestos de la corriente de gases.

Generalmente las plantas de incineración de residuos municipales utilizan un sistema de depuración de gases basado en un procedimiento semi-seco, con las siguientes secciones:

- Recepción y almacenamiento de cal.
- Preparación de la lechada de cal.
- Reactor de neutralización.
- Estación de almacenamiento y carga de cenizas.
- Adición de carbón activo.
- Filtrado de gases.
- Reducción de NO_x.

Una vez depurados los gases se envían a un filtro de mangas, cuyo objeto es el de reducir el contenido de polvo arrastrado a la atmósfera por debajo del límite autorizado por la legislación.

Finalmente los humos depurados son aspirados e impulsados a la atmósfera mediante un ventilador de tiro, a través de una chimenea metálica, provista de los accesorios reglamentarios de toma de muestras, balizas, pararrayos, escaleras de acceso, etc.

La altura de la chimenea con respecto a la cota cero de las plantas debe ser la adecuada para que la dispersión de los gases sea la conveniente a su caudal y a las condiciones de entorno de las mismas, tanto meteorológicas como topográficas.

Las emisiones procedentes de las plantas de incineración deberán cumplir con lo dispuesto en la Directiva 2000/76/CE relativa a la Incineración de residuos, y con el RD 653/2003 sobre incineración de residuos, cuyos límites, en resumen, se pueden ver en la Tabla 1, donde dichos valores límite de los gases estarán referidos a las siguientes condiciones: temperatura 273º K, presión 101,3 kPa, 10 % de oxígeno y gas seco. También hay unas condiciones especiales para calcular el límite de emisiones admisibles en los hornos de co-incineración.

TABLA 1. Límites de emisión en incineradoras.

VALORES MEDIOS DIARIOS	mg/m³	
Partículas Totales	10	
Carbono Orgánico Total	10	
HCl	10	
HF	1	
SO_2	50	
NO_x	200	
VALORES MEDIOS SEMIHORARIOS	**(100 %) A mg/m³**	**(97 %) B mg/m³**
Partículas Totales	30	10
Carbono Orgánico Total	20	10
HCl	60	10
HF	4	2
SO_2	200	50
NO_x	400	200
VALORES MEDIOS EN PERIODO DE 30 MINUTOS MÍNIMO Y 8 HORAS MÁXIMO	**(100 %) A mg/m³**	**(97 %) B mg/m³**
Cd + Tl	0,05	0,1
Hg	0,05	0,1
Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V	0,5	1
VALORES MEDIOS EN PERIODO DE 6 HORAS MÍNIMO Y 8 HORAS MÁXIMO	**ng/m³**	
Dioxinas y furanos	0,1	
VALORES LÍMITE DE CO	**mg/m³**	
Valor medio diario	50	
95 % de todas las mediciones, calculado como valores medios cada 10 minutos	150	
De todas las mediciones, calculado como valores medios semihorario en cualquier periodo de 24 horas	100	

7.3.6. Residuos de incineración

Entre los residuos que se generan en los procesos de incineración se pueden destacar las escorias, que si se ha realizado adecuadamente todo el proceso tienen

un carácter inerte, por lo que una vez separados los metales se pueden utilizar para obra civil o depositar en vertederos de inertes.

También están las cenizas (tanto de caldera, como las volantes y las de depuración de los gases) y los efluentes líquidos de los procesos de depuración de gases húmedos.

Las cenizas de depuración contienen todos los elementos contaminantes que se han separado de la corriente de gases, generalmente en forma de sales, por lo que se les debe dar un tratamiento específico, como es su inertización o la deposición en vertederos adecuados, como pueden ser los depósitos de seguridad de residuos peligrosos.

El volumen de escorias puede representar un 20 – 25 % en peso de los residuos tratados, mientras que las cenizas de caldera y volantes pueden suponer un 2 – 3 % en peso, y las de depuración de los gases, un 3 – 5 % en peso del total de residuos gestionados.

7.4. Otros procesos de aprovechamiento energético

7.4.1. Desgasificación de vertederos

Aunque no es un proceso que pueda aplicarse con vistas al futuro, sí lo es para recuperar los antiguos vertederos de residuos municipales.

La razón por la que no se prevé su aplicación en el futuro es como consecuencia de los objetivos incluidos en el RD 1481/2001, que regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, consistentes en la limitación de la cantidad de residuos biodegradables que se pueden depositar en vertederos. Si dichos objetivos se cumplen, no habrá suficiente materia orgánica fácilmente degradable en los vertederos como para permitir un aprovechamiento energético del metano que se pudiera generar en los mismos.

En cambio para los vertederos antiguos sí es muy conveniente la desgasificación de los mismos, ya que el componente principal de esos gases es el metano, que por una parte tiene un poder calorífico suficiente para su aprovechamiento energético y por otra, si dicho metano acabara en la atmósfera sería muy pernicioso de cara al efecto invernadero (su actividad en ese aspecto es 21 veces superior al CO_2).

El gas que se recupera del vertedero primeramente se depura, para eliminar impurezas que pudieran dañar los equipos de valorización, y a continuación se inyectan en motores de combustión interna, que acoplados a alternadores, pueden generar energía eléctrica.

7.4.2. Biometanización

Otra posible forma de aprovechamiento energético de los residuos municipales, consiste en la biometanización de los residuos biodegradables mediante la fermentación anaerobia (en ausencia de oxígeno), de forma que se obtiene un gas combustible, principalmente compuesto por metano.

En las plantas de biometanización, primeramente se realiza un tratamiento de la materia seca, con objeto de clasificar materiales recuperables. A continuación se realiza el tratamiento de la materia húmeda, acondicionado y homogeneizado el residuo suficientemente, hasta conseguir la hidrólisis del mismo, momento en el que se alimenta a un digestor, donde se realiza una fermentación anaerobia, con desprendimiento de gas combustible.

El biogás producido se extrae por su parte superior y se depura para su almacenamiento en un gasómetro, desde donde se alimenta a unos motores generadores de electricidad.

El último paso consistiría en la estabilización de la materia orgánica digestada mediante su compostaje (fermentación aerobia, es decir, en presencia de oxígeno).

7.4.3. Pirólisis / Termólisis

Hay otros sistemas de gasificación de residuos, aunque menos experimentados en residuos municipales, y que a día de hoy requieren de un mayor desarrollo tecnológico para una aplicación masiva en el aprovechamiento energético de dichos residuos.

Estos procesos consisten en el tratamiento de los residuos en condiciones de escasez (pirólisis) o ausencia total (termólisis) de oxígeno.

La pirólisis consiste en someter los residuos a temperaturas en torno a 800–1100 ºC para que se produzca una reacción, por combustión de una parte del residuo en unas condiciones de déficit de aire global. El producto resultante de esa reacción es un gas compuesto por metano, hidrógeno, monóxido de carbono, nitrógeno, agua y un residuo inerte.

En la termólisis se somete a los residuos a temperaturas del orden de 400 ºC en un reactor en el que hay ausencia total de oxígeno, mediante la aplicación de energía externa (por ejemplo eléctrica). En esas condiciones se produce una destilación de los residuos, generando un gas combustible y un producto carbonado (coque), que puede utilizarse como carbón activo o valorizarse como un combustible.

7.4.4. Procesos basados en la Generación de Plasma

El plasma se define como un gas ionizado eléctricamente neutro, es, por tanto, un estado de equilibrio dinámico entre partículas cargadas y neutras.

Existen varias maneras de generar plasma, una de ellas consiste en la formación de un arco eléctrico haciendo pasar una corriente continua entre dos electrodos. El aire existente entre los electrodos se calienta alcanzando temperaturas muy elevadas, de forma que si se hace pasar una corriente de un gas inerte, frecuentemente argón, a través de dicho arco, se crea una antorcha de plasma con una temperatura que puede superar los 10.000 ºC.

Si se introducen residuos municipales en reactores que funcionan con esta tecnología, se destruyen sus moléculas estables, produciéndose una masa vitrocerámica, similar al basalto, y unos gases a alta temperatura que pueden aprovecharse energéticamente como en una instalación de incineración convencional.

Esta tecnología está todavía en una fase inicial para el tratamiento de residuos municipales, y requerirá un mayor desarrollo tecnológico y práctico.

7.4.5. Aprovechamiento energético de lodos

El PCI que tienen los lodos sugiere el intentar un aprovechamiento que esté de acuerdo con la jerarquía europea de gestión de residuos, por lo que se han desarrollado sistemas de valorización energética, para obtener calor, vapor, energía eléctrica, etc.

La valorización energética de lodos es una práctica frecuentemente utilizada en todo el mundo, ya que es un sistema de minimización de residuos particularmente útil cuando los lodos no son aptos para su aplicación al suelo y como alternativa a su depósito en vertedero. Esta alternativa de gestión no sólo persigue la valorización energética de los lodos sino también su minimización.

La mencionada valorización energética de lodos puede realizarse en hornos de combustión diseñados para tal fin, en hornos industriales (por ejemplo en cementeras) o en hornos de incineración de residuos municipales. En cualquiera de los casos, la combustión de lodos representa una gran reducción de su volumen.

Cuando se valorizan los lodos en hornos de residuos municipales, se puede aprovechar el poder calorífico de dichos residuos y explotar parte de la energía contenida en los mismos para evaporar el exceso de agua de los lodos y quemar su fracción combustible, lo que representa un buen sistema de reducción de volumen y no crea dificultades en el depósito final de las escorias y cenizas de la propia incineradora, ya que no cambian sustancialmente sus características.

La aplicación de este método en hornos de parrilla necesita generalmente de una buena mezcla de lodos con residuos urbanos y, en algunos casos, será necesaria una etapa de deshidratación de los propios lodos utilizando el calor del gas generado en la combustión u otro método alternativo.

Como la manipulación de los lodos tal como salen del sistema de depuración es muy complicada, se les suele someter a un procedimiento, generalmente mecánico, que elimine parte del agua en ellos contenida. En muchas depuradoras de aguas residuales suele completarse el tratamiento con una etapa de centrifugado, que los deja con un 20 – 25 % de materia seca (MS).

Por lo general, la incineración del lodo original procedente de la etapa de centrifugación no es un proceso autógeno (es decir, no mantiene su combustión sin adición de combustible suplementario) por su bajo poder calorífico y su alto contenido en humedad, y necesita una importante cantidad de energía para su evaporación. Por esta razón es necesario utilizar combustible auxiliar o realizar una etapa previa de secado.

Se ha podido comprobar que en la mayoría de los casos el umbral para automantener la combustión se sitúa entre el 35 y 45 % de MS en los lodos de depuradora, dependiendo del sistema de tratamiento y acondicionamiento que se utilice.

Para alcanzar esas condiciones de sequedad se suele utilizar, como etapa previa, cualquiera de los procedimientos de secado (tanto directos como indirectos), estando bastante extendida la utilización de secadores de discos. Sin embargo, recientemente se han conseguido excelentes resultados a escala industrial con sistemas mecánicos, consistentes en la aditivación de un polielectrolito orgánico catiónico antes de filtros prensa (sistema Floctronic). Con este polielectrolito se obtienen valores del 40 % de MS, pero que al eliminar las adiciones de cloruro férrico (y de la cal también) elimina también los problemas ocasionados por los gases ácidos.

Esos resultados han animado también a eliminar, en algunos casos, la digestión anaerobia del proceso de depuración, para que las materias volátiles que

se eliminan en dicho proceso (metano) siguieran en los lodos, mejorando su poder calorífico.

Por medio de sistemas de secado térmico se consigue un mayor grado de sequedad de los lodos, alcanzando valores superiores al 90 %. El principal inconveniente que presentan estos sistemas es el elevado consumo energético (por lo que se suelen instalar con sistemas de cogeneración de energía que reduzcan el coste de explotación) y la elevada inversión inicial necesaria.

Una vez obtenido un lodo en condiciones de combustión autógena, su valorización térmica se puede realizar por cualquiera de los sistemas ya comentados:

- Hornos incineradores específicos:
  - De pisos múltiples.
  - De lecho fluidizado.
- Hornos de valorización térmica de residuos municipales.
- Hornos industriales.
- Sistemas innovadores o en fase de desarrollo:
  - La biogasificación.
  - La oxidación húmeda.
  - La termólisis.

La biogasificación sería similar a la pirólisis comentada anteriormente, en la que cuanto menor sea la humedad de los lodos, mejor será el rendimiento del proceso. Si el gas obtenido se somete a una combustión directa, se puede recuperar su energía, tanto en turbinas de gas como en hornos convencionales o motores de combustión interna acoplados a alternadores.

La oxidación húmeda consiste en la destrucción de la materia orgánica de los lodos, por oxidación de la misma, sin vaporización de agua. Para ello se necesitan temperaturas del orden de 375 ºC y presiones entre $100 \cdot 10^5$ – $285 \cdot 10^5$ Pa (100 – 285 bares), en presencia de un agente oxidante, como puede ser el oxígeno o el peróxido de hidrógeno. De esta oxidación se obtiene una mezcla de gases, líquido y cenizas.

La termólisis somete a los lodos a temperaturas del orden de 400 ºC en un reactor en el que hay ausencia total de oxígeno, tal como se ha indicado para el caso de otros residuos municipales.

También en este caso cuanto más secos son los lodos que se introducen, más aumenta el rendimiento, razón por la que muchas veces este proceso va a continuación de un tratamiento de secado.

7.5. Preparación de combustibles derivados de residuos (CDR)

En los procesos clásicos de incineración se alimentan los residuos municipales, generalmente, tal como se reciben o con ligeros acondicionamientos, con una gran humedad y un poder calorífico muy bajo. Ello tiene como consecuencia que el proceso, aunque útil desde el punto de vista de gestión de los residuos, no es un sistema eficiente desde un punto de vista de generación de energía eléctrica. No tanto por la dificultad de obtener energía de los RSU, como por su escala, cientos de veces más pequeña que la de una central termoeléctrica.

Concentrar los residuos en grandes plantas de incineración, tiene el inconveniente del transporte de dichos residuos desde los puntos de generación, por lo que se han desarrollado procesos que por un lado estabilicen los residuos y por otro, sean capaces de prepararlos para su utilización como combustibles eficientes, dando lugar a lo que se ha llamado los Combustibles Derivados de Residuos (CDR).

En citados procesos el residuo es sometido a un tratamiento biológico (bioestabilización o biosecado), con objeto de estabilizar la materia orgánica presente en el mismo por medio de una fermentación aeróbica, seguida de un afino del que se obtiene un CDR que permite una mejor valorización energética del residuo. Este proceso se puede apreciar en la Fig. 5.

Es un proceso tan obvio como innovador: toda la fracción putrefascible es oxidada aeróbicamente y la energía liberada (en forma de calor) es utilizada para

secar e higienizar el residuo, al objeto de obtener unas condiciones más eficientes y salubres para la posterior manipulación de los materiales presentes en el mismo.

Figura 5. Esquema de flujo de una instalación de biosecado.

A causa de la elevada temperatura que se alcanza en el interior de la masa de residuos (50 – 60 ºC), el proceso aeróbico es un eficaz sistema de estabilización, desodorización e higienización del material.

Durante el proceso, debido a la evaporación del agua contenida en los residuos y a la degradación de parte de la materia orgánica, se produce una reducción en peso del 25-30 %, dependiendo de las condiciones del residuo de entrada.

El proceso se desarrolla siguiendo las siguientes fases:

- Recepción del RSU.
- Trituración.
- Estabilización y biosecado.
- Tratamiento de gases.
- Afino (preparación de CDR).

Todo el proceso se realiza dentro de una nave industrial sometida a depresión, que evita la propagación de olores al exterior.

Los residuos son descargados directamente por los camiones de recogida en un foso de recepción. Mientras la puerta del foso de recepción permanece abierta, se pone en funcionamiento una pulverización de agua, que impide la salida al exterior de insectos. El olor tampoco se transmite al exterior, ya que el flujo de aire es de fuera a dentro, al encontrarse el interior a una menor presión.

Mediante un puente grúa dotado de un *pulpo* o cuchara colectora, los residuos del foso de recepción son llevados a una trituradora que los desmenuza a un tamaño medio de 20 – 30 cm, obteniendo un material homogéneo que facilita la circulación de aire por su interior y, por lo tanto, su fermentación aerobia. La trituradora está montada sobre otro puente grúa que permite distribuir uniformemente los residuos en el foso de triturado, con objeto de que el *pulpo*, que funciona automáticamente, optimice su funcionamiento, Foto 4.

Foto 4. Vista del interior de una instalación de biosecado y producción de CDR. Triturador en primer plano. (Fuente: ECODECO).

Con el mismo puente grúa inicial o con el redundante, los residuos son trasladados desde el foso de trituración hasta la zona de estabilización y secado,

donde son depositados en pilas de unos 5 – 6 metros de altura, de manera que cada pila sea la cantidad de basura recibida en un día, aproximadamente.

La zona de estabilización posee un suelo ranurado, conectado mediante un sistema de tuberías a unos ventiladores, que son los encargados de aspirar el aire de la nave consiguiendo una circulación eficaz del mismo a través de los residuos. Este aire es recogido y conducido hasta los biofiltros situados en el techo de la nave, que son los encargados de su depuración.

El proceso tiene una duración de aproximadamente 14 – 15 días, suficiente para obtener un material seco y estabilizado, sin patógenos ni olores. A continuación se le somete a una fase de afino, que elimina los metales y materiales inertes, quedando un producto que se puede utilizar como CDR de alta calidad, dado su elevado poder calorífico (del orden de 16.000 kJ/kg) en centrales térmicas, cementeras o en instalaciones de cogeneración propias.

El residuo seco, estabilizado e higienizado está formado por dos grandes grupos de materiales: una fracción degradable ligeramente más húmeda, rica en madera, papel, cartón, tejidos de fibra natural y material orgánico, (que es una fracción renovable) y una fracción no degradable más seca, rica en poliolefinas, o sea, materiales plásticos no clorados (fracción no renovable).

Una de las principales ventajas que tiene el poder disponer de un producto de este tipo es que puede ser transportado y almacenado fácilmente, por lo que la instalación destinada a producir energía eléctrica a partir de dicho producto, no es necesario que esté ligada al lugar de generación de los residuos origen del mismo. La mencionada instalación termo-eléctrica se puede colocar en un emplazamiento racional y adaptado para recibir esa materia prima desde varias instalaciones de tratamiento similares, o bien aprovechar instalaciones de valorización existentes con anterioridad, con lo cual se podrían mejorar los rendimientos.

7.6. Procesos de co-incineración

La preparación de CDR a partir de los residuos municipales, tiene la ventaja de que se pueden utilizar instalaciones industriales existentes para su

aprovechamiento energético. Así hay procesos altamente energéticos que además, por sus propias características, son capaces de controlar las emisiones a la atmósfera, cumpliendo perfectamente con los requisitos de la Directiva 2000/76/CE sobre incineración de residuos y del RD 653/2003, que la transpone a normativa española dicha directiva.

Entre los procesos de co-incineración más recomendables se encuentran los hornos de fabricación de clínker, producto utilizado para la preparación del cemento. Dichos hornos son instalaciones de combustión a gran escala, donde se alimentan las materias primas (carbonatos cálcicos, óxidos de sílice, de hierro y de aluminio, principalmente) en contracorriente con el flujo de gases de combustión y donde hay dos puntos donde se realiza la alimentación de combustible: el quemador principal y el precalentador/precalcinador.

Los gases de combustión en el interior del horno están a una temperatura de 1800 – 2200 ºC, con un tiempo de residencia para dichos gases mayor de 4 – 6 segundos. El clínker permanece a más de 1450 ºC durante más de 15 minutos. Los gases del precalentador suelen estar a 900 -1200 ºC, mientras que la harina cruda (materias primas) supera los 800 ºC. Estas condiciones hacen de estas plantas unas magníficas instalaciones para aprovechar energéticamente los residuos, especialmente teniendo en cuenta que en ellas no se generan residuos sólidos, pues todas las materias introducidas que no salen en el flujo de gases, se incorporan al clínker y posteriormente al cemento.

Las centrales térmicas convencionales también son instalaciones propicias para el aprovechamiento energético de los residuos municipales convertidos en CDR, sustituyendo parcialmente al carbón, coque de petróleo, fueloil o gas natural que se utiliza como combustible convencional en dichas plantas.

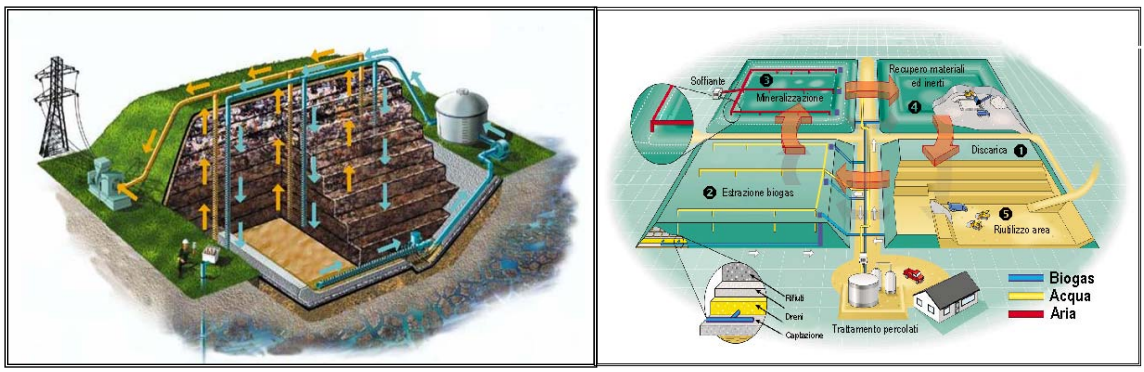
En el caso de que la central termoeléctrica convencional, disponga de un ciclo combinado de turbina de gas, se pueden aprovechar importantes sinergias, como el incremento de la temperatura del vapor producido en la caldera alimentada con CDR para utilizarlo en la propia turbina. El resultado es un aumento del rendimiento en energía eléctrica desde el 25 % hasta el 33 %.

7.7. El biorreactor activable

Como se ha descrito anteriormente, en las plantas de biosecado se obtiene un producto estabilizado compuesto principalmente por dos grupos de materiales: una fracción renovable y otra no renovable.

De esos dos grupos de materiales, hay uno energéticamente muy interesante, la fracción no renovable, a la que se le pueden quitar los metales y los inertes, en el caso de que no se hubieran eliminado anteriormente, con lo que se podría obtener un poder calorífico de cerca de 20.870 kJ/kg. Es fracción podría ser utilizada para alimentar instalaciones térmicas convencionales, o bien, hornos de cementeras; mientras que la parte restante, la renovable o degradable se podría emplear en un nuevo tipo de instalación, los Biorreactores Activables, donde también podría aprovecharse la energía en ellos contenida.

En el llamado Biorreactor Activable, la fracción degradable se conserva durante muchísimo tiempo en estado seco, pero si se le adiciona agua en condiciones anaerobias adecuadas, se puede reactivar la producción de un biogás de elevada calidad, utilizable para la producción de energía eléctrica, usando generadores eléctricos accionados por motores endotérmicos, que tienen un buen rendimiento, incluso para una potencia instalada reducida. En la Fig. 6 se puede ver una representación de un reactor de este tipo construido en un vertedero, así como un ciclo en cuatro etapas del biorreactor activable: relleno del vertedero – Activación y generación de biogas – Estabilización con aire – Recuperación de materiales inertes, quedando listo para volver a empezar el ciclo.



Figuras 6. Biorreactor activable: en funcionamiento y ciclo de 4 etapas.

Bibliografía

- ECODECO (2005): Comunicación interna. Italia.
- ECODECO (varios años): “Cuadernos ECODECO de ecología aplicada”. Italia.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2003): “Europe's Environment: The third assessment: Waste Generation and Management”. Europa / Dinamarca.
- FEDERAMBIENTE (2002): "Bilancio ambientale, energetico ed economico di diverse strategie per il recupero di energia nel contesto di sistemi integrati per la gestione di Rifiuti Solidi Urbani". Noviembre 2002. Italia.
- GARUTI, G., (2005): “Los residuos después de la recogida selectiva”. II Conferencia sobre BIOENERGÍA. Madrid, España.
- MARTÍNEZ CENTENO, L.M. (2001): “Valorización energética de lodos de depuradora”. ISR. Sevilla, España.
- MARTÍNEZ CENTENO, L.M. (2002): “Incineración de residuos sólidos urbanos”. Master en gestión y administración ambiental. Fundación Biodiversidad. Madrid, España.
- MARTÍNEZ CENTENO, L.M. (2004): “Tecnologías para el tratamiento de residuos”. Encuentro iberoamericano sobre calidad del aire y residuos. MIMAM. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- MARTÍNEZ CENTENO, L.M. (2005): “El tratamiento biológico-mecánico”. ISR. Madrid, España.
- TCHOBANOGLOUS, G., THEISEN, H., AND VIGIL, S. (1993): “Integrated Solid Waste Management”, Chapter 4, McGraw-Hill, New York. Estados Unidos.
- THEMELIS N.J., KIM Y.H., BRADY M.K. (2002): “Renergy recovery from New York City solid wastes”. Waste Management and Research, 20: 223-233. Estados Unidos.

Capítulo

8 Sistemas de ahorro de agua y energía

8.1. Introducción

Un concepto nuevo o reciente al tratar el tema del agua, es el crecimiento sostenible de nuestra sociedad; parte fundamental y responsabilidad de nuestros políticos y dirigentes, los cuales, y entre otras muchas cosas, a nivel municipal, tienen la misión de establecer y de regirse por unos principios sostenibles, siendo respetuosos con el medio ambiente, socialmente aceptables y económicamente viables para las arcas municipales y sus ciudadanos.

Este concepto municipal de desarrollo sostenible, lleva aparejado un grandísimo cambio en la forma de ver, pensar y actuar de cualquier ayuntamiento, exigiendo un profundo conocimiento por parte del ayuntamiento y sus técnicos, de las posibilidades reales existentes, de cómo implementarlas y qué resultados podrán esperarse, de estas actuaciones.

Cualquier actuación habrá de plantearse desde el conocimiento de la situación existente, la tendencia y el futuro que se desee para el municipio; por lo que en primer lugar habrá que plantear la necesidad de realizar un diagnóstico de la situación de instalaciones; utilizándose cada vez más especialistas externos que puedan dar una visión global de cómo se está, qué se podría hacer, con qué costes y resultados, con qué beneficios económicos, sociales y medioambientales y cómo se amortizaría todo ello.

Un buen ejemplo de esta inquietud, podría ser el Ayuntamiento de Madrid, el cual y a través de su “Plan Municipal de Gestión de la Demanda de Agua en la Ciudad de Madrid” se hace eco de la demanda social y se posiciona como la primera gran ciudad del mundo, que ataca la totalidad de las posibles actuaciones a realizar y utiliza la gestión de la demanda, como instrumento de la gestión integrada del agua en el Municipio, lo que le permite tener en consideración a

todos los agentes y planificar una política estratégica de crecimiento sostenible para toda la ciudad, empezando por los propios edificios municipales y servicios a la ciudad.

8.2. ¿Por qué ahorrar agua?

Se mire a donde se mire, estamos rodeados de algún tipo de medio húmedo, arroyos, ríos, lagos, mares, lluvia y nieve. Pensando en estas inmensas masas de agua, algunas personas no entienden porqué ha de escasear el agua, y porqué el precio del agua potable es cada vez más caro.

Nunca habrá más agua de la que se dispone en estos momentos, pues el ciclo vital de ésta hace que cada vez escaseen más las lluvias y éstas se produzcan irregularmente. Por desgracia, de las aparentemente inagotables reservas de agua de la Tierra, solamente se pueden emplear de forma eficiente pequeñas partes para la producción de agua potable.

El 97 % de las existencias de agua de la Tierra, corresponde al agua salada no potable de los océanos y mares. La mayor parte de los restantes 36 millones de kilómetros cúbicos de agua dulce, está aglomerada sólidamente en forma de hielo en los glaciares y en los casquetes polares de la Tierra. De manera que sólo queda aproximadamente el 0,5 % de la totalidad de las existencias de agua para la explotación de agua potable.

El agua es un elemento esencial para el bienestar, pero actualmente y por desgracia, se asocia el mayor consumo de ésta, a un mayor nivel de vida.

Recientemente, está creciendo la sensibilidad sobre estos temas, sobre todo por las noticias, las restricciones y cortes, que algunas poblaciones empiezan a sufrir, debido a los altos niveles de consumo y una sequía latente.

Al igual que ha sucedido en otros países, se espera en los próximos meses, un fuerte crecimiento en la demanda de estudios y actuaciones que lleven la incorporación de medidas correctoras y la instalación de dispositivos, y permitan

reducir de este modo, los consumos tan elevados que en muchas ocasiones se tiene. Paralelamente, está demostrado el alza progresiva del coste de la misma.

Según los estudios realizados por el Instituto Nacional de Estadística *(INE)*, respecto a los datos de consumo que se tuvieron en el año 2003, y que han sido publicados el día 3 de agosto de 2005, se obtiene que durante ese año en España se dispusiera de 4.947 hm^3 de agua de abastecimiento público urbano. De esta cantidad, un 81,3 % (4.021,9 hm^3) se distribuyó para el consumo de familias, empresas, consumos municipales, etc.

El consumo de agua de las familias españolas ascendió a 2.603 hm^3, lo que representa el 65 % del consumo total. El consumo medio se situó en 167 litros por habitante y día, un 1,8 % más que en el año 2002. Por comunidades, Cantabria registró el consumo medio más elevado (185 litros) e Islas Baleares tuvo el más bajo (130). Madrid, tanto en el 2002 como en el 2003, está estable en 166 litros.

Para poder apreciar la importancia del consumo de agua en una gran ciudad como por ejemplo Madrid, y desde un punto de vista de la demanda sectorial o por su tipo de uso, en el año 2003, el consumo del municipio se repartió según se recoge en la Tabla 1.

TABLA 1. Reparto del consumo municipal de agua.

TIPO DE USO	Volumen (%)	Consumo (%)
Doméstico	171,37 hm^3	67,70 %
Comercial	27,70 hm^3	10,04 %
Institucional	18,53 hm^3	7,32 %
Industrial	17,63 hm^3	6,96 %
Riego	12,33 hm^3	4,87 %
Otros Usos	5,50 hm^3	2,19 %

Como puede apreciarse en la tabla anterior, los consumos institucionales, suponen la tercera causa más importante de la demanda de agua de la ciudad. Sin olvidar el riego y adecuación paisajística, que supone otra gran cifra importante.

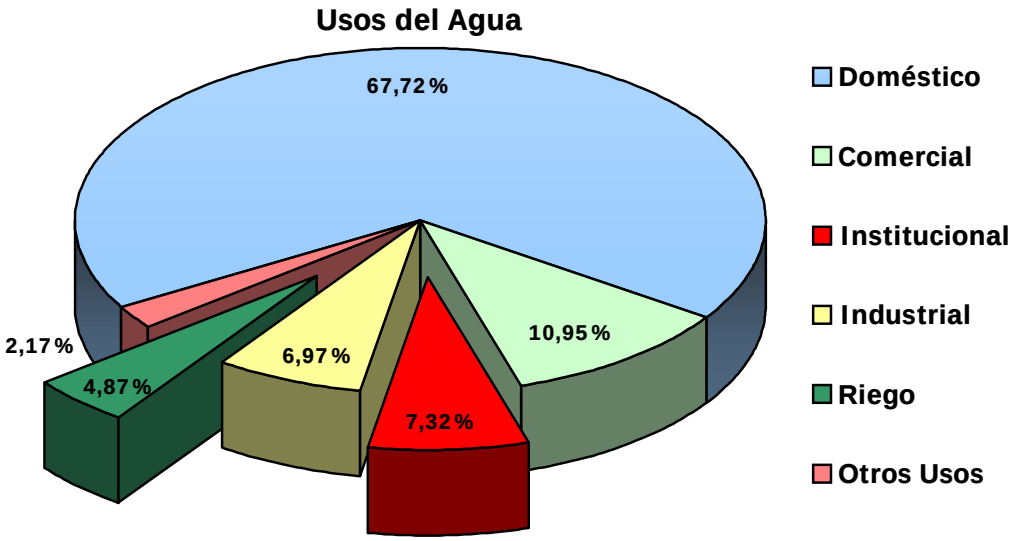


Figura 1. Reparto del consumo municipal de agua.

Dentro de los consumos municipales, hay que destacar que una gran parte de ellos conllevan una demanda de energía adicional, como sería el caso del consumo de Agua Caliente Sanitaria (ACS), que sería la energía utilizada para su calentamiento, resultando éste, el segundo más importante de los gastos económicos en muchos de los edificios municipales.

De hecho, este capítulo se centra en la eficiencia de instalaciones de ACS y AFCH, pues son generales a cualquier tipo de edificación municipal, pretendiendo centrar el tema y aportar una serie de posibles puntos de actuación, o una especie de catálogo de soluciones.

En muchos de los edificios municipales se realizan actividades muy profesionalizadas, donde no se puede reducir el volumen del consumo de agua; pero esto no quiere decir que no pueda aprovecharse; de hecho las grandes técnicas de ahorro en la industria, están basadas en el reciclaje de estas aguas, aprovechando las mismas una y otra vez, y evitando consumos energéticos, por

ejemplo por trasvase de procesos de intercambio de calor o frío, o de reutilización o reciclaje para otros procesos por ejemplo de riego o baldeo.

La valoración de una guía, como lo pretende ser ésta, que sirva a nivel genérico para todo tipo de instalaciones municipales, nos lleva a enfocar el tema desde una perspectiva más reducida y generalista, con consejos generales y actuaciones concretas y polivalentes a toda clase de actividades.

Este enfoque es el del consumo de agua fría de consumo humano (AFCH) y agua caliente sanitaria (ACS), que no suele estar ligado directamente a la actividad del centro o edificio, y que viene representando una parte importante dentro del catálogo de demandas de consumo, que se producen en un edificio municipal.

Hoy en día, hay sistemas y tecnologías de alta eficiencia en agua, de fácil implementación y que aportan ventajas en todos los sentidos; resultando éstas, unas actuaciones no sólo altamente rentables para la cuenta de resultados *(pues suelen generar beneficios económicos al siguiente año de su implementación)*, sino también para el medio ambiente, pues la reducción de consumos va paralela a la reducción de los residuos resultantes, reduciendo la cantidad de agua a depurar y, produciendo, por lo tanto, un menor gasto de reutilización.

Por todo lo anterior, ahorrar agua permite, casi en la misma proporción, ahorrar la energía utilizada para su calentamiento, aportando beneficios, ya no tanto económicos y muy importantes, sino ecológicos, para evitar la combustión, y reducir así la emisión de gases contaminantes, el efecto invernadero y la eliminación de la capa de ozono, derivados todos ellos del consumo y obtención de otras energías, así como de su trasformación y/o combustión.

Para hacernos una idea de estas emisiones de gases de efecto invernadero, derivadas del consumo de agua, podemos afirmar que la demanda en contadores de 1 m^3 de agua, implica unas emisiones mínimas de más de 0,537 kilogramos de CO_2, considerando todo el ciclo de agua.

Con una simple y sencilla cuenta, cualquiera puede calcular las emisiones provocadas por el consumo de agua, simplemente mirando la factura del agua y

multiplicando el consumo por la cifra antes indicada, pudiendo calcular también la disminución de las mismas, si realiza actuaciones para economizar ésta.

8.2.1. Objetivos de un Plan de Reducción del Consumo de Agua

Un Programa de Reducción y Uso Eficiente del Agua, para cualquier inmueble, fábrica o industria o Corporación Local, se implementa para alcanzar distintos objetivos, entre los que se pueden destacar los siguientes:

- Disminuir el agua requerida para cada proceso, optimizando la utilización de la misma.

- Disminuir, por lo tanto, de una forma directa los residuos, obteniendo una importante reducción del impacto ambiental del inmueble, es decir, haciéndolo más respetuoso con el medioambiente.

- Reducir los consumos adyacentes de energías derivadas de su utilización, como por ejemplo la energía utilizada para calentar o enfriar el agua, así como los de almacenaje y preparación.

- Disminuir los consumos de fuentes de energía fósiles, tales como el carbón, el petróleo y el gas natural, realizando un efectivo aporte a la protección de la naturaleza.

- Cumplir la legislación medioambiental aplicable en todo momento y, en la medida de lo posible, adelantarse a las disposiciones legales de futura aparición.

- Demostrar con el ejemplo, facilitando referencias a los ciudadanos, mediante incentivos, facilitando los medios y motivando a los usuarios a que tomen medidas correctoras, dentro de sus posibilidades, para hacer un uso del agua más eficiente y respetuoso con el medio ambiente y el crecimiento sostenible del mismo.

- Facilitar las posibles implementaciones de sistemas de gestión medioambiental, tipo ISO 14.001, EMAS, etc.

- Obtener una mejor imagen pública para la corporación local o gestora, de ser respetuosa con el medioambiente, lo que la posiciona y diferencia del resto de la oferta del sector, siendo muy apreciado por determinados sectores y usuarios, pero sobre todo por los clientes y usuarios más exigentes, como signo de calidad.

- Ayudar a la sociedad directa e indirectamente, facilitando el crecimiento sostenible de la misma y aportando un granito de arena vital para futuras generaciones.

- Y por último, la no menos importante actuación, la reducción de costes económicos, que permitirán un mejor aprovechamiento de dichos recursos económicos en otras áreas más necesitadas, facilitando y aumentando los beneficios por ahorro generado, haciendo posibles otros planes y programas para el Municipio.

8.3. ¿Cómo ahorrar agua y energía?

Tanto por responsabilidad social, como personal, ecológica o económica, es importante saber qué hacer para reducir la demanda de agua en un municipio, y este capítulo persigue dar a conocer acciones, técnicas y sistemas que permitan a los representantes de los ciudadanos, gestores, responsables y técnicos de los ayuntamientos, minimizar los consumos de agua y energía.

Muchas veces se plantean actuaciones complejas, normativas internas, campañas de concienciación excesivamente costosas y trucos para intentar reducir los consumos que se tiene de agua y energía, cuando hay actuaciones que pasan desapercibidas por los usuarios y que a la vez aumentan el confort de uso.

Como ejemplo, por su elevado confort y ahorro, los *Perlizadores*, los *Reductores* y los *Economizadores* de agua, están ampliamente extendidos en los países del norte de Europa, y ya se están utilizando desde el año 1995 aquí en

España, en campañas municipales, hoteles, residencias, hospitales, gimnasios y empresas españolas, principalmente en las zonas costeras e insulares.

Las primeras acciones que algunas ciudades españolas empezaron a llevar a cabo, fue la realización de una serie de campañas, en las cuales el propio ayuntamiento servía de hilo conductor para que tanto en las instalaciones municipales, como las industriales y las de la ciudadanía, se optimizaran los consumos de agua, y de la energía derivada de su utilización. Cabe destacar ayuntamientos como el de Alcobendas, Zaragoza, Calviá, Castro Urdiales, etc., los cuales realizaron incluso hasta normativas propias para limitar o tarar el exceso de consumo en uso cotidiano del agua.

Este tipo de equipos tienen por objetivo reducir drásticamente el consumo de agua en el establecimiento, tanto en agua fría como caliente. Más adelante se dedicará un amplio apartado al conocimiento y explicación de estas tecnologías.

Se dispone de muchas opciones cuando se habla de ahorrar agua y energía, y esto ha de hacerse considerando infinidad de factores, desde la optimización de las facturas, pasando por la formación del personal y/o considerando los proyectos en su fase de diseño, a la realización de estudios y eco-auditorías de hidro-eficiencia, sin olvidar el mantenimiento y la implementación de medidas correctoras en aquellos puntos que son significativos, no por volumen de agua ahorrada, sino por posibilidades de ahorro existentes.

Muchas veces se da por hecho, que por ser nuevo un edificio, ha de ser eficiente, y no siempre es así, siendo éstos en la gran mayoría de los casos mucho más derrochadores que los antiguos, al diseñarse con vistas al futuro.

8.3.1. Acciones y consideraciones para ahorrar agua y energía

Dentro de la infinidad de posibles acciones y temas a considerar, a continuación, se detallan algunas de las más importantes que pueden servir a modo de ejemplo:

- En las instalaciones de fontanería, tanto de ACS, como AFCH, hay que preocuparse de que cuando se diseñen o reformen, se considere como muy importante la eficiencia, tanto como el diseño y la ergonomía de uso; utilizando los adelantos técnicos más avanzados que en ese momento existan *(ya contrastados)*, pues una instalación una vez construida, será para muchos años. Sin olvidar la facilidad de mantenimiento y sus costes.

- Prever las necesidades hídricas de producción, detectando en qué procesos se podría, mediante intercambiadores de calor o frío, aprovechar la energía de unos procesos a otros, mezclando incluso sistemas de calefacción, o aire acondicionado, con procesos industriales o de servicio del edificio.

- La reutilización y/o reciclaje de Aguas Grises, sino se considera en la fase de diseño o al realizar una reforma, posteriormente suele hacerse inviable por los altos costes que implicaría, al no estar preparada la estructura ni canalización del edificio para ello; mientras que si se preocupan de incluirlas en el proyecto, el coste será mínimo, ofreciendo beneficios por ahorro de por vida.

  - ü *Por ejemplo: si se está diseñando un nuevo edificio, se ha de tener en cuenta la realización de dos circuitos de suministro de agua; uno llamémosle de agua pura y otro de agua reciclada para el abastecimiento de los inodoros o WC, la cual la obtendremos de recolectar, decantar y filtrar el agua de los lavabos, duchas y bajantes de los tejados, pudiendo obtener un ahorro de agua superior al 30 %, para toda la vida, y con una inversión bajísima. Esta medida permite aprovechar casi el 95 % del agua utilizada en esos procesos, pudiendo también utilizarse para regar, una vez que se ha dejado posar durante un par de días.*

  - ü *Otro ejemplo, sería el recuperar y acumular el agua sobrante de rebosaderos y reposición de los vasos de las piscinas; obteniendo por norma general agua suficiente y gratuita de por vida para los urinarios e inodoros, únicamente se necesita filtrarla (ya está clorada), y bombearla y repartirla separadamente del agua de consumo humano.*

- Es muy interesante, la instalación de contadores *(a ser posible electrónicos)*, que permitirán la segregación y control de consumos y fugas, adecuando los diámetros de éstos a las necesidades reales, y no con márgenes de seguridad excesivos, que encarecerán la factura del agua, sin aportar nada a cambio.

- Otro elemento a considerar, es el tipo de grifería que se utilizará, pensando que las actuales leyes y normas exigen que el agua en circulación por el punto más alejado de la caldera, esté por encima de 50 ºC, lo más probable es tener problemas y accidentes por escaldamiento de los usuarios, pudiéndose evitar con la instalación de griferías termostáticas, las cuales aumentan el confort del usuario, no representan una inversión mucho mayor y ahorran más del 15 % de la energía, gracias a su fácil y rápida regulación, generando un ahorro del 4-5 % de agua.

- Considerar la adecuación paisajística del entorno (si lo tuviera), o de las plantas de interior, con un punto de vista de Xerojardinería o decoración con plantas autóctonas o que consuman poco agua, utilizando siempre que se pueda, sistemas de riego eficientes, y programables, para evitar la tentación humana de que si les damos más agua crecerán más y estarán mejor.

- Selección de equipos y adecuación de las instalaciones de climatización al tipo de explotación que va a tener el edificio. Hay especialistas que saben exactamente cuál es el tipo más adecuado, las precauciones a tener en cuenta y las opciones más adecuadas a la hora de diseñar las instalaciones.

  - ü *Prever el aprovechamiento, canalización y recuperación del agua de las torres de ventilación, y/o de condensación, para ser utilizadas para otros usos.*

- Selección de equipos Hidro-Eficientes para el centro, a nivel de electrodomésticos, y con etiquetaje clase "A", pues está demostrado que las diferencias de inversión en este tipo de establecimientos se amortizan muy rápidamente. *(Existen lavadoras y lavavajillas que consumen hasta un 60 %*

menos de agua y un 50 % menos de energía); hay que hacer cuentas, antes de decidirse.

- Utilizar jabones y productos biodegradables, que no contengan cloro ni fosfatos en su composición, y utilizar la dosis correcta propuesta por los fabricantes. *Cuando sale la vajilla blanca, puede ser por la alta concentración de cal en el agua, y esto se resuelve con un aporte de sal adecuado, según el fabricante, pero sobre todo, no hay que volver a lavarlos, pues con frotarles con un paño seco será suficiente*.

- Desarrollo de programas de mantenimiento preventivo que, además de cumplir con la normativa vigente, permitan una corrección y detección inmediata de anomalías, excesos de consumos, fugas, etc., revisando las protecciones de aislamiento de las tuberías, cada seis meses y cada vez que algún operario realice algún trabajo de mantenimiento.

- Prever, programar y comprobar las temperaturas de calentamiento, acumulación y distribución del ACS, adecuándolas a la demanda de agua esperada. *(Es ilógico disponer de agua caliente en el fin de semana si se cierra el centro, ajustarlas de tal forma que el último día sólo se aporte el agua necesaria, programando su arranque para que el lunes esté preparada para su consumo).*

- Supervisar mensualmente la grifería, a la vez que se toman las temperaturas en puntos terminales, como exige el RD 865/2003. Comprobar si todos los elementos cierran adecuadamente o tienen pérdidas y/o fugas. *(Verificar sobre todo los tanques o cisternas de inodoros, pues suelen ser los más dados a tener fugas, por culpa de los flotadores de los grifos o los sistemas de cierre)*.

- Si se utilizan sistemas de tratamiento del agua, verificar la calidad del agua y su composición cada cierto tiempo y sobre todo en épocas estivales, pues la variación de su composición requerirá dosis o ciclos distintos. Aprovechar para comprobar el estado de resinas, sales, etc., de los distintos depósitos, verificando el resultado final del tratamiento.

- Realizar campañas de sensibilización ambiental dentro del establecimiento, formando al personal para que resuelva los problemas más habituales que pueda encontrarse, demostrando a los clientes y visitantes su sensibilidad y preocupación por el tema, lo que mejorará la imagen pública del centro.

- Instalar, prever o implementar equipos y medidas economizadoras de agua, como las que a continuación se detallan, pues facilitarán la minimización de los gastos y consumos de agua y energía, y generarán beneficios por ahorro para toda la vida.

8.4. Tecnologías y posibilidades técnicas para ahorrar agua y energía

El nivel tecnológico de los equipamientos sanitarios que hoy en día están disponibles es impresionante, pero por desgracia muchas de estas técnicas y tecnologías no se conocen, con lo que su implementación se hace imposible por desconocimiento.

Este capítulo pretende dar un repaso a las posibilidades técnicas más exitosas y fáciles de implementar, y que más rápida amortización tienen *(en cuanto a ACS y AFCH, se refiere).*

Antes de entrar en materia, hay que hacer una mención específica a la normativa que a fecha de hoy se ha quedado obsoleta y entra en contradicción con infinidad de medidas economizadoras que otras normas proponen; de hecho y en concreto las Normas de Clasificación Hidráulica de las Griferías *(UNE 19-707-91 y UNE 19-703-91)*, exigen unos caudales mínimos de servicio exagerados, que hacen que por ejemplo un monomando de lavabo ecológico, de última generación que consuma 4,6 litros por minuto, no podría comercializarse.

A su vez, otras normativas favorecedoras de la eficiencia y el ahorro, como la Legislación Catalana en materia de distintivos ambientales, califica las griferías

ecológicas a aquellas que están por debajo justo de lo que las normas UNE indican. Por ejemplo, el Departamento de Medioambiente y Vivienda de la Generalitat de Cataluña, *(en su Resolución MAH/1603/2004, de 21 de mayo, por la que se establecen los criterios medioambientales para el otorgamiento del distintivo de garantía de calidad ambiental a los productos y a los sistemas que favorecen el ahorro de agua)*, establece que los límites razonables para el consumo de una ducha fija o móvil serán de 10 l/min para presiones inferiores a 3 bar, y de 12 l/min para presiones superiores a 3 bar.

En el caso de los grifos de lavabo, bidet o fregaderos, estos límites son de 8 l/min y de 9 l/min dependiendo de si la presión es inferior o superior a tres bares, límites más que altos para las tecnologías existentes hoy en día.

En estos últimos tiempos se está demandando, y cada vez se debate más la necesidad de una normativa que regule, o califique la eficiencia de los consumos sanitarios, visto que es posible ofrecer la misma o mayor calidad de servicio y confort con un menor consumo de agua y energía; lo que ayudaría a la selección del equipo o grifo más adecuado para una instalación, de tal forma que la etiqueta complemente no solamente la calidad y caudal del servicio ofrecido, sino también lo respetuosa que ha sido su fabricación, medioambientalmente hablando.

En la Comunidad de Madrid, cada vez hay más Ayuntamientos que exigen la incorporación de medidas economizadoras de agua en los edificios de nueva construcción, como es el caso de Alcobendas, Alcalá de Henares, Getafe, etc., donde para obtener la licencia de obras, se necesita documentar que el proyecto incorpora grifería de bajo consumo.

En el caso del Ayuntamiento de Madrid, a través de su "Plan Municipal de Gestión de la Demanda de Agua en la Ciudad de Madrid" se pone especial atención, no sólo a los consumos que habrán de tener los sanitarios que se instalen en cualquier clase de edificio, *(determinando caudales y características a través de su nueva normativa)*, sino que también se precisan los distintos programas de actuación y las pautas a seguir, para mediante un plan muy detallado, poder garantizar a lo largo del tiempo el abastecimiento y el crecimiento sostenible del municipio.

Las tecnologías existentes permiten acelerar el agua, y crear turbulencias sin aportación de aire en cabezales de ducha, que mejoran el confort al generar una sensación de hidro-masaje por turbulencias, consumiendo mucha menos agua que con los sistemas tradicionales de masaje por cantidad y presión de agua, economizando hasta el 65 % del agua que actualmente consumen algunos equipos, sin pérdida ni detrimento del servicio, Fig. 2.

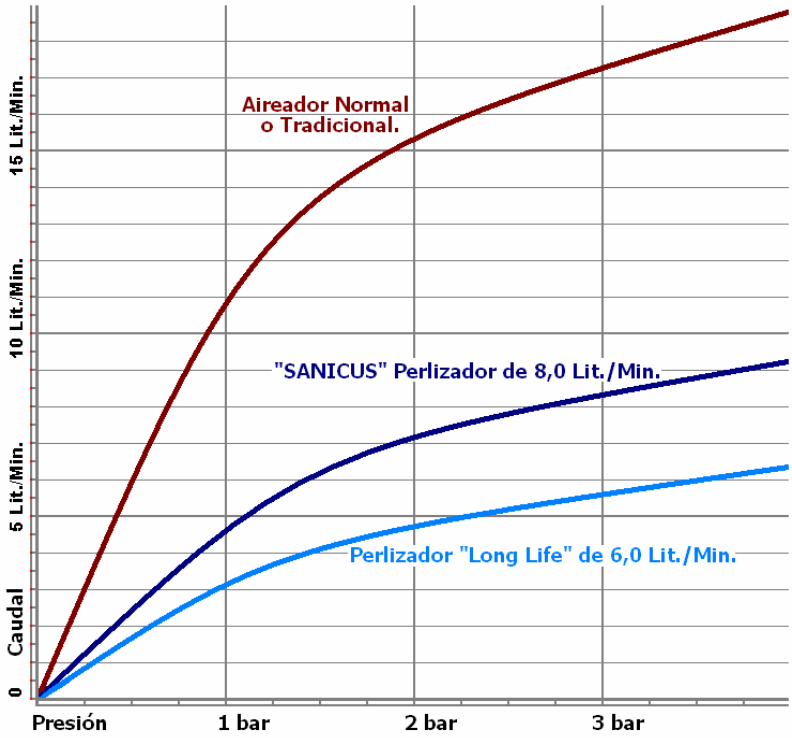


Figura 2. Consumos de Griferías normales y ecológicas con Perlizadores.

En el caso de los grifos, éstos suelen llevar un filtro para evitar las salpicaduras, *(rompeaguas o aireadores)*, disponiendo de tecnologías punteras como los Perlizadores y Eyectores, que reducen el consumo de agua un mínimo del 50 % en comparación con los equipos tradicionales y aportan ventajas, como una mayor eficacia con los jabones, por su chorro burbujeante y vigoroso, a la vez que son anti-cal y anti-bloqueo, pudiendo ser sustituidos en cualquier grifería existente. Aunque también hay griferías que ya lo incorporan.

8.5. Clasificación de equipos

En primer lugar hay que agrupar los distintos tipos de equipos sanitarios más utilizados a nivel de suministro de agua, en dos grandes grupos:

Equipos completos y accesorios o adaptadores para equipos ya existentes; estos últimos aportan tecnología economizadora al implementarlos sobre grifos ya en uso, teniendo un menor coste y aprovechando el equipo al que se le aplica; mientras que los primeros están pensados para obra nueva o remodelación.

La siguiente información, pretende recoger la gran mayoría de las tecnologías existentes a modo de guía básica de las más difundidas, y las que son más eficaces, aunque puedan resultar desconocidas. *(No estando todas las existentes).*

8.5.1. Grifos monomando tradicionales

Siendo hoy en día el tipo de grifería más utilizada por excelencia, no quiere decir que no existan técnicas y tecnologías economizadoras para mejorar los consumos de agua y energía de este tipo de sanitarios, tan utilizados por todos.

El hecho de que el agua que se utiliza en un grifo monomando sea fría, no quiere decir que ésta no contenga agua calentada. *(Como por ejemplo en un monomando de lavabo, al estar posicionado el mando o palanca en el centro, cada vez que abrimos éste, consumimos un 50 % de agua fría y 50 % de agua caliente, aunque a ésta no le demos tiempo a llegar a salir por la boca del grifo)*.

Este problema está contrastado y demostrado, indicando que más del 60 % de los usuarios que utiliza un lavabo en un centro público, lo hace abriendo en su posición central y durante un tiempo medio inferior a 30 segundos, no agarrando la maneta, sino empujándola desde abajo hacia arriba, hasta el final del recorrido, dándole golpecitos hacia abajo, para ajustar el caudal *(si es que éste fuera muy elevado)*.

Hoy en día hay tecnologías que permiten reducir los consumos de agua de estos grifos y a la vez derivar los consumos de agua caliente no premeditada a consumos de agua fría.

La solución consiste en la sustitución del clásico cartucho cerámico que incorpora, por otro “Ecológico” de apertura en frío en su posición central y en dos etapas. *(Con freno de apertura).*

Como se puede apreciar en la Foto 1, al accionar la maneta, ésta se encuentra en su posición central un freno a la apertura y además ofrece sólo agua fría, debiendo girar la maneta hacia la izquierda, para obtener una temperatura de agua más caliente.

Foto 1. Explicación gráfica de los Cartuchos Ecológicos.

Esto ofrece ahorros generales superiores al 10 % de la energía media total que suele utilizar un lavabo normal, y un ahorro de un 5 % en agua aproximadamente.

Sobre este equipo, o cualquier otro tipo de grifería, ya sea de lavabo, fregadero, etc., y si tiene una edad menor de unos 20 años, además incorporará un filtro en su boca de salida de agua, denominado filtro rompeaguas o aireador y que tiene por objeto evitar que el agua al salir del grifo salpique.

Otra de las soluciones que hay para ahorrar agua y energía, consiste en la sustitución de este aireador, por un perlizador, el cual, aparte de cumplir con el objetivo del anterior, aporta ventajas como: ser más eficaz con los jabones líquidos, ser más agradable y confortable, aparentar salir más agua de la que realmente sale y, por supuesto, economizar agua y la energía derivada de su calentamiento.

Estas tecnologías garantizan ahorros de un mínimo del 50 %, llegando en ocasiones y dependiendo de la presión, hasta ahorros del 70 % del consumo habitual; existiendo versiones normales y antirrobo, para lugares en los que preocupen los sabotajes, posibles robos o vandalismo.

La implementación de perlizadores de agua en lavabos, bidet, fregaderos, pilas, etc., reduce estos consumos, convirtiendo los establecimientos en más ecológicos, amigables y respetuosos con el medioambiente, y por supuesto mucho más económicos en su explotación, sin reducir la calidad y/o confort del servicio ofrecido.

Foto 2. Perlizadores de distintos caudales y modelos.

8.5.2. Grifos de volante tradicionales

Este tipo de equipos, está en desuso en obra nueva, aunque sí es fácil encontrarlos en edificaciones con más de 15 años y todavía suele montarse en zonas de poca utilización, como vertederos, fregaderos, etc., por su bajo precio.

Los problemas clásicos de estos equipos, son los cierres inadecuados, por falta de estanqueidad en las zapatas de cierre, y es habitual el que haya que apretarlos mucho para que no goteen.

Hoy en día, existen técnicas para reconvertirlos en ecológicos, siendo mucho más eficaces y economizadores que un monomando tradicional. *(Desde el punto de vista del consumo de energía, es imposible demandar agua caliente de forma inconsciente, mientras que con un monomando sí, como se explicaba anteriormente).*

Esto se puede lograr con la simple sustitución de la montura clásica de zapatas, por otra Montura Cerámica que permite la apertura y cierre del agua en un solo cuarto de vuelta, evitando los problemas de apriete y cierre inadecuados y las fugas y goteos constantes de éstos.

Es una solución muy económica cuando la grifería está bien estéticamente hablando, ya que al cambiar la montura por otra cerámica, ésta queda mecánicamente nueva. El ahorro está cifrado en un 10 % del consumo previo.

A este tipo de equipos, y siempre que sea más joven de unos 15 años aproximadamente, también se le podrá implementar los perlizadores antes comentados, complementando las medidas de eficiencia y totalizando ahorros superiores al 60 % sobre el estado previo a la optimización.

Por lo general, un grifo de doble mando o *monoblock* cerámico, será más económico y a la vez mucho más eficiente energéticamente hablando, que un monomando, aunque no tan cómodo como lo es éste.

8.5.3. Grifos termostáticos

Posiblemente son los equipos más costosos, detrás de los de activación automática por infrarrojos, pero a la vez los más eficientes desde el punto de vista del consumo energético, ya que mezclan automáticamente el agua fría y caliente, para lograr la temperatura seleccionada por el usuario. Aportan altísimo confort y

calidad de vida o servicio ofrecido, evitan accidentes, y aparte de la función economizadora de energía, también los hay con equipos economizadores de agua.

Es habitual el desconocimiento de este tipo de equipos, salvo en su utilización en las duchas y bañeras, cuando en el mercado hay soluciones con grifería para lavabos, bidet, fregaderos, duchas con temporización, con activación por infrarrojos, o fregaderos de activación con el pie, o antebrazos, resultando la solución ideal, aunque requieren una mayor inversión, su rendimiento economizador es para toda la vida. Hoy en día un grifo de ducha termostático, con mango de ducha ecológica, puede encontrarse, desde 60,00 € y con una garantía de 5 años, por lo que ya no es tan elevada la diferencia, como para no utilizarlos.

Por otra parte aportan al centro y a los usuarios un mayor nivel de calidad, confort y seguridad, estando recomendado especialmente en todos aquellos centros donde se corra el riesgo de que el usuario pudiera quemarse por un uso inconsciente del equipo *(Centros de asistencia, residencias, etc.).*

8.5.4. Grifos electrónicos de activación por infrarrojos

Son posiblemente los más ecológicos, pues ajustan la demanda de agua a la necesidad del usuario, activando el suministro e interrumpiéndolo según esté o no presente el usuario. Está demostrado que el ahorro que generan es superior al 65-70 %, en comparación a uno tradicional; siendo ideales, cuando se utilizan dos aguas, pues el coste del suministro de agua caliente hace que se amortice mucho más rápido que con agua fría solamente. El coste de este tipo de equipos varía en función del fabricante y la calidad del mismo, pues los hay muy sencillos, y muy sofisticados, siendo capaces de realizarse ellos mismos el tratamiento de prevención y lucha contra la *Legionella*. Existen dos técnicas muy parecidas de activación automática por detección de presencia: *infrarrojos y microondas, principalmente*.

Estos equipos están disponibles para casi cualquier necesidad, utilizándose principalmente para el accionamiento en aseos de discapacitados y en aquellos

sitios de alto tránsito, donde los olvidos de cierre, y accionamientos minimizarían la vida de los equipos normales; a la vez que está demostrado que son los equipos que mejor aprovechan los suministros, ya que los ajustan a la necesidad real del usuario, evitando el más mínimo despilfarro. Suelen generar ahorros importantísimos; siendo por ejemplo el caso de los lavabos más del 65 % de ahorro, e incluso el 78 %, si incorporan perlizadores a su salida.

Se pueden utilizar para lavabos, fregaderos, duchas fijas, tanto normales como con equipos termostatizados; también existen versiones para inodoros, y urinarios, cubriendo casi cualquier necesidad que pueda plantearse. Las inversiones pueden llegar a ser 10 veces más costosas que un equipo tradicional, pero la eficacia, eficiencia y vida de los productos, se justifica, si se desea tener una imagen innovadora, ecológica y económicamente ajustada en los consumos, produciéndose su amortización en una media de entre los 3 y 5 años.

Foto 3. Grifería electrónica minimalista por infrarrojos, de dos aguas.

Hay variaciones que abaratan las instalaciones de obra nueva con estas tecnologías, las cuales consisten, en centralizar la electrónica y utilizar electro válvulas, detectores y griferías normales, por separado. El mantenimiento es mucho más sencillo y se reducen considerablemente las inversiones, a la vez que se pueden diseñar las áreas húmedas utilizando griferías de diseño y/o de fabricantes los cuales no tienen este tipo de tecnologías. *(Se recomiendan principalmente donde el uso es muy elevado, más de 80-100 utilizaciones diarias).*

8.5.5. Grifos de ducha y torres de prelavado en cocinas o comedores

Uno de los puntos donde posiblemente se consume más agua, de las zonas comunes de un edificio residencial es, sin lugar a dudas, la zona de lavado de la vajilla del centro o cocina.

Si bien es cierto, que los nuevos lavavajillas reciclan el agua del aclarado anterior para el prelavado del siguiente ciclo, ahorran mucho agua y energía, no lo es menos que el parque de este tipo de lavavajillas, es muy antiguo y que la retirada de sólidos y pre-limpieza de la loza o vajilla, sigue realizándose a mano, con un consumo excesivo, principalmente porque los trabajadores tienen otras preocupaciones mayores que las de ahorrar agua y energía.

En primer lugar, es muy habitual encontrar los flexos de las torres de prelavado en muy mal estado, cuando un cambio o mantenimiento de las mismas y de los flexos de conexión, rentabilizan el trabajo, ahorrando agua por fugas o usos inadecuados por parte de los trabajadores. Es muy normal, por parte de los empleados, dejar fija la salida de agua de la pistola o regadera de la torre de prelavado y marcharse a realizar otra tarea, dejando correr el agua hasta que vuelven de nuevo, dejando los 5-6 platos que se quedaron debajo de la ducha muy limpios y el resto sin mojar.

Esta actitud está provocada por el exceso de trabajo, o la creencia de que mientras los platos se remojan, se puede hacer otra cosa, pero al final se demuestra que no es válida. Por ello se recomienda eliminar las anillas de retención de este tipo de griferías, con lo que se le obliga al empleado a tener pulsado el gatillo o palanca, para que salga agua y se evita la salida continuada si no se tiene empuñada la ducha. Esto puede llegar a ahorrar más del 40 % del agua que se utiliza en esta zona, que por cierto suelen ser grifos que consumen entre 16 y 30 litros por minuto.

Otra opción, muy simple y eficiente, es sustituir el cabezal de la ducha por otro regulable en caudal y ecológico, el cual permite determinar el consumo del

mismo, entre 8 y 16 litros minuto, siendo más que suficiente, y amortizándose la inversión en tan sólo unos meses.

Foto 4. Ejemplo de Ducha Ecológica de Prelavado, para cocinas y comedores.

8.5.6. Grifos temporizados

Los equipos o grifos temporizados, vienen a cubrir una de las mayores preocupaciones en lugares públicos: los daños causados por el vandalismo, la necesidad de una durabilidad elevada por su alta utilización y el exceso de consumo por el olvido de cerrar la grifería.

En el mercado hay infinidad de fabricantes que ofrecen soluciones muy variadas. A la hora de elegir un grifo de estas características, habrá que tener en consideración los siguientes puntos:

- Caudal regulable o pre-ajustable.
- Incorporación del perlizador en la boca de salida. *(Ofrecerá un caudal aparentemente mayor, con mucha menos agua, y siendo más eficaz con el jabón liquido, que suele ser el más usado en centros públicos).*
- Temporización ajustada a demanda *(6 segundos en lavabos y 20-25" en duchas)*.
- Cabezales intercambiables, anti-calcáreos de fácil mantenimiento.

- Anti-bloqueo, para lugares problemáticos o con problemas de vandalismo.
- Anti-golpe de ariete, en lugares con problemas de presión.
- De accionamiento o pulsación suave, para ser utilizado por niños o mayores.

También será vital que dispongan de certificaciones, distintivos o ensayos que demuestren que los consumos del mismo, están dentro de los parámetros que se podrían denominar "Ecológicos" y que para cada uno de los distintos tipos de consumo, el caudal de agua a suministrar por ciclo o pulsación será menor de:

- 0,6 litros para el caso de los lavabos.
- 4,1 litros para las duchas.
- 9,0 litros para los inodoros.
- 0,9 litros para los pulsadores temporizados de urinario.

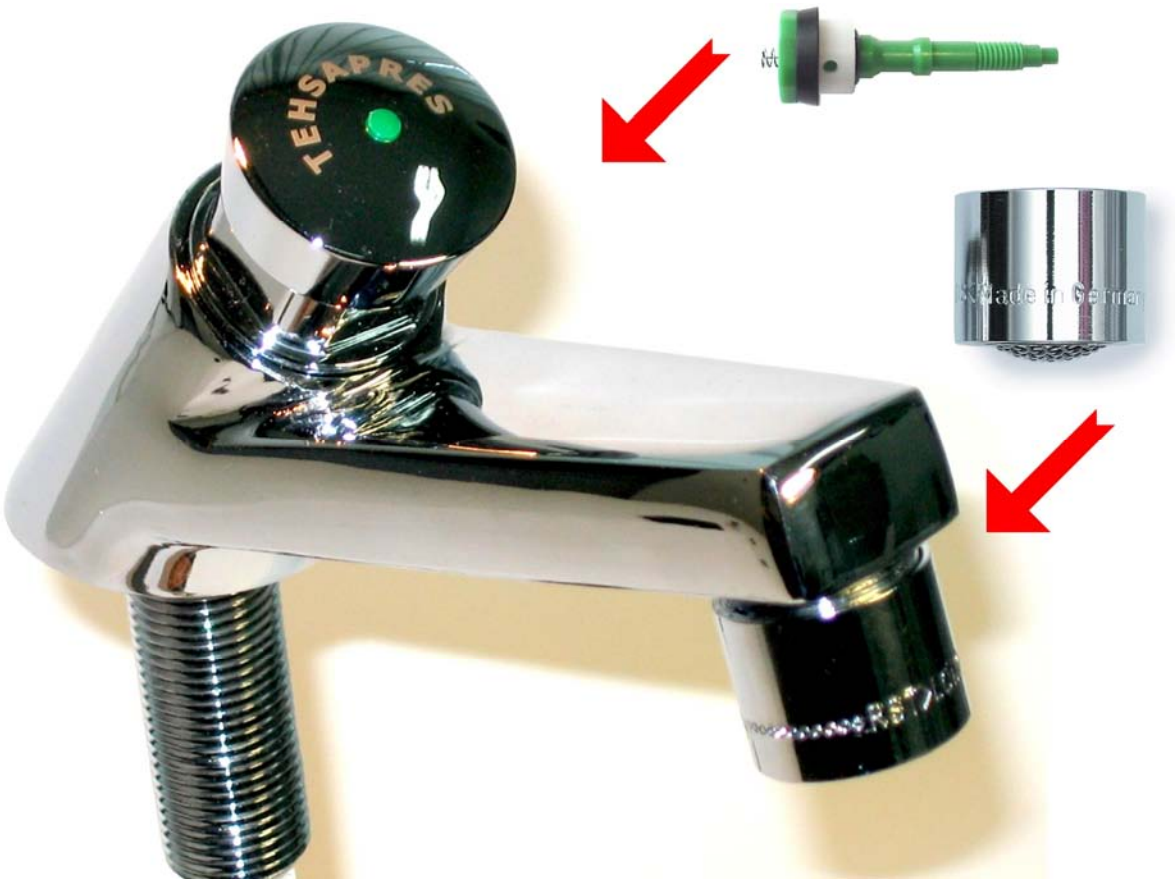


Foto 5. Mejoras posibles en griferías temporizadas.

Sobre este equipamiento y a través de su propio personal especializado de mantenimiento o profesionales específicos, puede optimizarse y regularse los

consumos, minimizando éstos entre un 20 y 40 %, pues la gran mayoría de los fabricantes pone tiempos excesivamente largos a los equipos, lo que genera, en muchas ocasiones, hasta tres activaciones por usuario, de entre 12 y 18 segundos cada una, cuando con una pulsación de 6 segundos sería ideal para evitar la salida de agua en tiempos intermedios de enjabonados, frotado y aclarado. Y si bien es cierto que muchos usuarios los utilizan una sola vez, mojándose y aclarándose *(por ejemplo tras realizar una micción)*, es muy frecuente ver, como el usuario se marcha y sigue saliendo agua.

Otra utilización muy habitual de estos equipos es en urinarios y duchas empotradas, donde lo más importante es que el suministro de agua se corte a un tiempo determinado y/o evitar el olvido de cerrarlos.

En muchos de estos equipos bajar el tiempo de cierre es imposible, salvo que se cambie el Eje de Rubí *(la pieza que ofrece la temporización al grifo)*, existiendo en el mercado compañías especializadas en la reducción de consumos de agua, que han diseñado y pueden suministrar este tipo de equipos, bien como piezas sueltas, o cabezales completos.

A muchos de estos equipos se les puede implementar un perlizador en la boca de salida de agua, generando unos mayores niveles de ahorro.

8.5.7. Fluxores para inodoros y vertederos

Los fluxores vienen a ser como los grifos temporizados para los inodoros, aunque también suelen montarse en vertederos y tazas turcas. Estos equipos utilizan el mismo principio de funcionamiento que los grifos temporizados, estando pensados para sitios públicos de alto tránsito.

Por lo general, los fluxores requieren unas características especiales para su instalación, teniendo que tener presente que no se pueden conectar a un mismo ramal o línea fluxores y grifería tradicional, por las altas presiones con las que se trabajan, la velocidad del agua y el posible golpe de ariete que se puede producir en su uso, lo que unido a las pérdidas de carga generaría graves problemas de uso y confort en la instalación.

Todo lo anterior hace obligatorio el cálculo y diseño de una red especial, distinta y separada y calculada a tal efecto cuando se desee utilizar fluxores, cosa cada vez más habitual cuando se recuperan aguas grises y se reciclan para este tipo de servicios, pues son fáciles de implementar y generan ahorros de por vida.

El mayor consumo de estos equipos y algunos problemas de suministro suelen venir dados por factores muy concretos: diseño inadecuado de la instalación, o variación de la presión de suministro y falta de mantenimiento del propio elemento.

El diseño de una red de fluxores exige líneas de diámetros concretos y cálculos para evitar las pérdidas de carga de las líneas, siendo muy frecuente ampliar o variar éstas, o realizar tomas para otro tipo de sanitarios, lo que provoca que los consumos o presiones sean inestables; en otros casos la presión de suministro aumenta, encontrándonos que los tiempos de actuación y los caudales suministrados son excesivos. Incluso superiores a los 14 litros.

Otro de los problemas más habituales en estas instalaciones es la ausencia de mantenimiento de los equipos, cuando con un simple desmontaje, limpieza y engrase con glicerinas específicas, quitando las posibles obstrucciones de las tomas, se puede hacer que el equipo esté como el primer día, ahorrando más del 30 %, y evitando que el eje o pistón, se quede agarrotado y/o por sedimentación que tarde mucho en cerrar el suministro.

Existen, en empresas especializadas en suministros de equipos de ahorro, unos Eco-pistones especiales, Foto 6, a los cuales se les modifica la curva de descarga, produciendo una descarga más intensa pero de menos tiempo, que permite economizar hasta el 35 % del consumo de agua habitual de este tipo de equipamientos, sin perder la eficacia del arrastre, que incluso en algunas tazas antiguas, aumenta.

En la actualidad hay fluxores de doble pulsador, permitiendo la descarga parcial o completa dependiendo de la zona del pulsador que se accione, siendo la solución ideal, para obras nuevas o de reforma, y sobre todo en los aseos de mujeres. *(Pues éstas utilizan el inodoro para micciones y deposiciones, requiriéndose mucha menos agua para el primer caso que para el segundo).*

Foto 6. Pistones ecológicos para fluxores.

8.5.8. Regaderas, cabezales y mangos de duchas

A la hora de economizar agua en la ducha, suele ser más fácil actuar sobre la salida del agua, que sobre la grifería. Con algunas de estas técnicas puede actuarse sobre duchas de activación temporizada, pero que utilizan regaderas o cabezales normales, conjugando el suministro optimizado de la salida del agua, con el cierre temporizado de la misma. *(Bastando el cambio del cabezal para disminuir el consumo como mínimo en un 20 %).*

Hay una primera catalogación que consistiría en el tipo de cabezal de ducha o regadera que se utiliza, con independencia de la grifería que la activa y regula, pudiendo dividirse en dos: cabezales de ducha o regaderas fijas a la pared y mangos de ducha o teléfonos unidos a la salida de la grifería mediante un flexo.

Foto 7. Ducha Ecológica de pared de Alta Eficacia, (hidro-masaje por turbulencias).

En el primer caso las dos actuaciones más utilizadas son las siguientes:

- Cambio de la alcachofa o regadera de ducha por otra hidro-eficiente y de hidro-masaje por turbulencias, que posibilita ahorros de hasta el 60 % sobre los equipos tradicionales; siendo menor este ahorro, del orden del 35 %, cuando el equipo a sustituir es un equipo pensado para sitios públicos y suele ser accionado por un grifo temporizado.

- Desmontaje del equipo, sobre todo cuando tiene múltiples chorros o tipos de suministro de agua, intercalándole en la toma un regulador o limitador de caudal, que tara el volumen de agua que deja pasar por minuto, sin sacrificar el confort de la ducha. Los ahorros suelen ser menores del orden del 25 %.

En el caso de los mangos de ducha, lo más habitual es sustituirlos por otros, aunque también hay otras opciones:

- Intercalar un reductor volumétrico giratorio, que aumenta la vida del flexo, evitando torceduras y enredos, a la vez que se ahorra un 35 % del agua consumida por el equipo al que se le aplica.

- Insertar en la toma de la ducha un limitador de caudal ajustando el suministro a lo deseado; posibilita ahorros del orden del 25 % aproximadamente, pero no valen para cualquier modelo.

- Incorporar un interruptor de caudal, para disminuir el agua suministrada durante el enjabonamiento, pero sin perder la temperatura de mezcla obtenida, dejando pasar sólo una parte ínfima de agua para evitar el enfriamiento de las cañerías.

- Cambiar el mango de ducha, por otro Ecológico o Eficiente, existiendo tres tipos de éstos principalmente:

  - ü Los que llevan incorporado un limitador de caudal.

  - ü Los que la técnica de suministro de agua se basa en acelerar el agua y realizar el suministro con múltiples chorros más finitos y a mayor presión.

  - ü Los cabezales de ducha específicos, que suelen ser irrompibles, con suministro de agua a nivel de hidro-masaje por turbulencias, que posibilitan ahorros de hasta el 60 % aumentando el confort y la calidad del servicio ofrecido. Suelen ser más costosos, pero generan mucho más ahorro y duran toda la vida.

- No hay que olvidar que estos componentes, son el 50 % del equipo, y una buena selección de la alcachofa o mango de ducha, generará muchos ahorros, pero si se combina con un buen grifo, la mezcla será perfecta. Por lo que en función de a qué tipo de servicio va dirigido el equipo, habrá que valorar si se monta en combinación con un monomando, un pulsador temporizado, un termostático, o un grifo o sistema por infrarrojos, lo que posibilitará que la eficiencia se incremente sustancialmente.

Foto 8. Distintas duchas y accesorios para economizar agua y energía.

- Por último, hay mezclas de estas técnicas, complementando equipos normales o integradas en diseños propios de los distintos fabricantes.

8.5.9. Inodoros (WC)

El inodoro es el sanitario que más agua consume en la vida cotidiana, o a nivel doméstico, siendo el más utilizado en hoteles, residencias y en casi cualquier entorno residencial, aunque por el valor del consumo energético, estén todos los demás por delante de éste. Su descarga media (estadística), suele estar en los 9-10 litros.

Los inodoros de los aseos de habitaciones y/o de aseos de señoras se utilizan tanto para micciones como para deposiciones, lo que hace que si el sanitario no dispone de elementos para seleccionar el tipo de descarga, ésta sea igual tanto

para retirar sólidos, como para retirar líquidos, cuando éstos sólo necesitarían un 20 o 25 % del agua del contenido del tanque.

Esta circunstancia hace que toda medida que permita seleccionar si se desea retirar sólidos o líquidos, en función de la utilización realizada, permitirá ahorrar más de 60-70 % del contenido del tanque o descarga.

Analizando los distintos sistemas que suelen utilizarse, y tras haber descrito anteriormente las posibilidades existentes para los fluxores *(muy utilizados en la década de los 90)*, ahora están más de moda los sistemas de descarga empotrados y que, por norma general, acompañan a lozas de alta eficacia que suelen consumir como mucho 6 litros por descarga.

Casi la totalidad de los fabricantes que ofrecen cisternas o tanques empotrados, ofrecen en éstos la opción de *mecanismos con doble pulsador*, algo altamente recomendable, pues por cada día se suele ir una media de 5 veces al WC, de las cuales 4 son por *micciones* y 1 por *deposición*. Por lo que ahorrar agua es fácil siempre que se pueda discriminar la descarga a realizar, ya que para retirar líquidos se necesita solamente unos *2-3 litros*, y el tanque completo sólo se requiere para retirar sólidos.

Esto supone que con independencia del sistema a utilizar para conseguir dicha selección del tipo de descarga a realizar, si ésta se utiliza adecuadamente, el consumo bajará en más del 50 %, respecto a un inodoro con sólo descargas completas.

En el ejemplo siguiente, a nivel estadístico de una persona en cómputo diario, tendría los siguientes consumos:

Tanque Normal:	5 Descargas	x	9 l/Desc.	=	45 l/ Día.
Tanque 2 Pulsadores:	1 Descargas	x	9 l/Desc.	=	9 l/ Día.
	4 Descargas	x	3 l/Desc.	=	12 l/ Día.

Diferencia: 45 – (9 + 12) = 24 litros ahorrados, lo que supone un 53,33 %.

Lógicamente esta demanda es a nivel estadístico, por lo que perfectamente se puede afirmar que se ahorrará más del 40 % del consumo del centro o edificio, y si éste es de uso público, este ahorro será mayor, pues cuantas más personas lo utilicen, más probabilidades hay de que el uso será por necesidad de realizar micciones.

Las posibilidades técnicas de que se disponen para producir esta selección de descargas son las siguientes:

- Tanques o cisternas con pulsador interrumpible:

  Suelen ser de instalaciones recientes, de unos 8-9 años atrás como mucho, y exteriormente no se diferencian de los pulsadores normales, por lo que la única forma de diferenciarlos, sin desmontar la tapa, es pulsando sobre el botón de accionamiento, y nada más iniciarse la descarga y empiece a salir el agua, pulsar hasta el fondo de nuevo. *(Viendo si se interrumpe o no la descarga).*

  Si así fuera, la simple instalación de unas pegatinas que expliquen el funcionamiento correcto del sanitario, a la vez que se aprovecha para realizar campañas de sensibilización y del interés del centro hacia el medioambiente y la responsabilidad social, mejorará la imagen corporativa del centro y se ahorrará más del 30 % del agua que actualmente se utiliza. (*Este hecho de poder interrumpir la descarga es desconocido por la gran mayoría de los usuarios*).

- Tanques o cisternas con tirador:

  Al igual que el anterior y desde la misma época, algunos de los fabricantes más famosos, empezaron a incorporar la posibilidad de que sus mecanismos de tirador pudieran interrumpirse, para ahorrar agua, siendo esto muy fácil de reconocer, porque al tirar de ellos se quedan levantados, y para interrumpir la descarga hay que presionarlos hacia abajo. Mientras que si se bajan ellos solos, es señal de que el mecanismo no es interrumpible y producirá la descarga completa.

Tanto a los que son interrumplibles como a los que no lo son, puede acoplárseles un contrapeso que rearma el sistema automáticamente, provocando el cierre apresurado del mecanismo, engañando al mismo y aparentando haber salido todo el agua del tanque, posibilitando ahorros de más del 60 % del consumo habitual.

En cualquier caso siempre es recomendable instalar pegatinas que expliquen el funcionamiento correcto, a la vez que se sensibiliza a los usuarios y se mejora la imagen del centro, tanto para explicar los interrumplibles, como si se instalan contrapesos de acero inoxidable para automatizarlos.

- Tanques o cisternas con doble pulsador:

Sin lugar a dudas la opción más ecológica y racional para el uso de los inodoros. Aunque por desgracia algunos fabricantes no permiten la selección y graduación del tipo de descarga; hay otros que es complicado saber cuál es el botón que descarga una parte u otra; incluso existen unos mecanismos, que hay que pulsar los dos botones a la vez para producir una descarga completa.

En resumen, a la hora de seleccionar el mecanismo para un inodoro, habrá que valorar:

- El que esté diseñado para lugares públicos, pues la gran mayoría lo están para uso doméstico, y su vida es mucho menor.
- La garantía, que debe ser de 10 años, siendo como mínimo 5.
- Y que los botones se identifiquen claramente y a simple vista, y que sean fáciles de actuar.

Con independencia de las posibles actuaciones comentadas, será vital que las personas se responsabilicen del mantenimiento, comprueben posibles fugas de agua, bien por la vía de que el flotador llena de más el tanque, *(lo que con la simple regulación se resuelve)*, bien porque las gomas del mecanismo se han aleteado, endurecido o deteriorado, dejando escapar el agua por su asiento *(cambiarlas es muy fácil y su coste ridículo)*. También será recomendable instalar

pegatinas con independencia del modelo que sea por lo anteriormente comentado.

En el mercado hay infinidad de trucos, técnicas y sistemas que consisten en reservar, ocupar, o evitar la salida de un determinado nivel o capacidad de agua, al utilizar la cisterna, aunque con estas técnicas se puede sacrificar el servicio ofrecido.

Por ejemplo: la inserción de una o dos botellas de agua en el interior de la cisterna; está demostrado que al disponer de menos agua en cada utilización (se ahorra por ejemplo 1 litro por descarga) al realizar deposiciones y tener que retirarlas, hay muchas ocasiones en que no tiene fuerza suficiente para arrastrar los restos, debiendo pulsar varias veces, consumiendo el agua ahorrada en 7-8 utilizaciones, aparte de los problemas de estabilidad que puede ocasionar si se caen o tumban, evitando su cierre y que genere fugas constantes.

Foto 9. Mecanismo de tirador, contrapesos y M. de doble pulsador.

8.5.10. Nuevas técnicas sin agua

Hoy en día existen tecnologías que permiten eliminar la necesidad de utilizar el agua para procesos sanitarios, como es el caso de los mingitorios, o urinarios, los

cuales se utilizan tres veces más que los inodoros y que son un gran foco de consumo, utilizados por la población masculina, la cual no siempre hace un uso correcto del mismo.

En la actualidad podemos encontrar urinarios secos, sin necesidad de utilizar o consumir agua. Su tecnología consiste en una serie de cartuchos donde se recoge la orina, la cual atraviesa un liquido aceitoso que actúa a modo de trampa de olores, sellando los posibles gases de evacuación o desagüe y evitando los malos olores de las micciones.

En la siguiente fotografía podemos ver su funcionamiento e imagen de unos de los modelos más utilizados en el mercado americano.

Foto 10. Mingitorio seco, (no requiere agua para su funcionamiento).

Esta tecnología lo único que requiere es un mantenimiento en cuanto a limpieza diaria, de frotar las paredes de la loza con un trapo impregnado en un liquido de limpieza que no daña la trampa de olores, ya que si se utiliza agua u otros agentes, ésta se estropearía o perdería sus cualidades.

Este mantenimiento requiere una revisión cada cierto tiempo en función del uso del mismo, para reponer la parte de líquido sellante que pudiera haberse perdido o deteriorado y la sustitución del cartucho cada otro cierto tiempo, siendo éste bastante más alejado (según algunos fabricantes cada año).

Estos equipos para algunos establecimientos municipales que se utilizan tan sólo unos días, pero muy intensamente como podría ser el caso de un estadio o campo de fútbol, puede merecer la pena, teniendo los técnicos que valorar las ventajas e inconvenientes dependiendo del personal de limpiezas y de mantenimiento que se tenga en la instalación, y valorar la amortización.

8.5.11. Tecnología para las redes de distribución

El consumo de agua y la energía derivada de su calentamiento se ve muy afectado por los circuitos de reparto, tanto en su diseño, protección, diámetro, caudal y, por supuesto, por la presión de trabajo, lo que hace que todos estos factores juntos influyan extraordinariamente en la gestión del agua y, por lo tanto, en el consumo adecuado o excesivo. A continuación se describe cómo se pueden optimizar las instalaciones de zonas comunes y/o de todas aquellas partes que no son estrictamente habitaciones, como zonas de vestuarios, piscinas, etc.

En primer lugar, a la hora de analizar un circuito de reparto y suministro de agua, ésta, si es caliente, deberá ser lo más corta posible, y si la distancia es elevada desde el punto de calentamiento al último de consumo, convendrá realizar un anillo de recirculación, para evitar que se derroche agua hasta que salga caliente, y minimizar los tiempos de espera hasta que empiece a llegar con la temperatura adecuada.

Este anillo conviene que sea lo más corto posible y que se alimente de agua caliente, la sobrante del retorno *(como agua más fría)* y la toma que llega del calentador o acumulador. De esta forma el anillo conseguirá muy fácilmente la temperatura prefijada como tope de demanda, evitando accidentes o escaldamientos con la misma; la composición ideal sería introducir un Mezclador Termostático, con aporte de retorno, como en la Fig. 3 donde el agua no

consumida, retorna al mezclador aportándose como agua fría, para que al mezclarse con la caliente, podamos ofrecer el agua a la temperatura deseada.

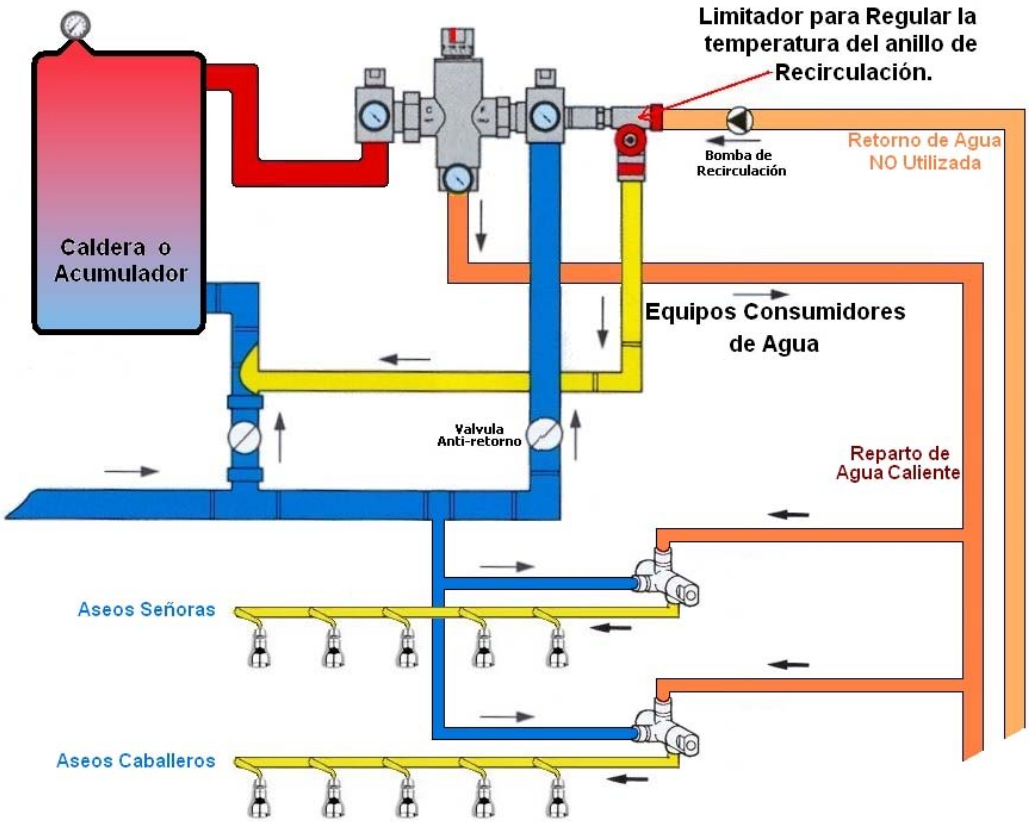


Figura 3. Circuito optimizado de termostatización del agua caliente con anillo de recirculación.

La eficacia de este circuito es máxima, tanto si la grifería ofrece capacidad de regulación al usuario, como si ésta es agua premezclada sin posibilidad de que el usuario seleccione la temperatura *(muy utilizado con griferías temporizadas);* siendo recomendable en este segundo caso, incluir un mezclador termostático, para ajustar la temperatura con mayor precisión, tanto en verano, como invierno, pues la diferencia de temperatura, varía en más de 10 ºC de una época a otra.

De cara al cumplimiento del RD 865/2003, el agua caliente que alimenta al mezclador ha de poder alcanzar al menos los 70 ºC para poder realizar los tratamientos de mantenimiento y choque; el anillo de recirculación ha de poder alcanzar los 60 ºC en su retorno o en cualquiera de los puntos de salida.

La instalación de anillos de recirculación, con aprovechamiento del agua de retorno y los mezcladores termostáticos, posibilitan ajustar la cantidad de agua

consumida a la mínima necesaria; y el aprovechamiento energético de ésta, es el máximo posible, ofreciendo ahorros energéticos superiores al 16 % sobre sistemas tradicionales y minimizando la demanda de agua en espera, que tradicionalmente se derrocha con otros sistemas, por esperar a que salga a la temperatura que el usuario desea.

Con independencia de las temperaturas de consumo y su red de distribución, otro de los puntos de alto consumo de agua y energía está motivado por la presión de los circuitos, y las pérdidas de carga de éstos cuando se consume agua simultáneamente en varios puntos de consumo.

En el primer caso, un exceso de presión provoca un aumento del consumo de agua que puede cifrarse perfectamente en un 15 % por cada incremento de presión de 1 bar, considerando como presión media 2,5 bar.

Como ejemplo, una ducha tradicional o normal consumirá de media unos 12,5 litros por minuto a 1,5 bar, unos 16 litros a unos 2,5 bares y unos 18,5 litros por minuto a unos 3,5 bar de presión.

Como se observa, un mismo equipo consumirá más o menos en función de la presión a la que se efectúa el suministro. Para resolver esto, es recomendable instalar reguladores de presión, pues las líneas de reparto han de considerar los caudales necesarios para que, en simultaneidad, den abasto a suministrar todo el agua que se demanda, aunque por lo general, los técnicos, ingenieros y arquitectos, utilizan fórmulas estandarizadas que nos alejan de la realidad, existiendo un porcentaje elevadísimo de exceso de presión con lo que ello supone de incremento del consumo.

Para resolver estos problemas, no hay que bajar la presión general, que en algunos casos es una solución válida, sino intercalar en los ramales finales de distribución, los citados reguladores, que ajustarán la presión a la deseada; permitiendo diferenciar zonas donde se requiera más o menos, y sin que esto afecte a líneas bien calculadas o adecuadas.

Estas medidas son recomendables tanto para agua fría como para agua caliente, pues es muy habitual que exista una diferencia de presión entre una línea

de suministro y otra, (desequilibrio de presiones), lo que puede provocar problemas muy graves en la calidad del servicio ofrecido, por inestabilidad de la temperatura, quejándose los usuarios de que tan pronto sale fría como al momento siguiente muy caliente, o tienen que estar constantemente regulando la temperatura.

Esto se debe a la invasión del agua con mayor presión en el circuito de suministro contrario, ocupando y enfriando la cañería al principio y hasta que se equilibran las presiones, llegando de golpe el agua original, una vez que se ha consumido la que había invadido la cañería contraria, llevándose un sobresalto el usuario, al cambiar de golpe varios grados la temperatura.

La solución pasa por equilibrar las presiones o, si no se pudiera, habría que montar válvulas anti-retorno en las griferías, pues es donde se mezcla este agua y donde se produce el paso de una cañería a otra.

Este problema aparte de ser muy grave en cuanto a la calidad del servicio ofrecido, hace que se consuma mucha más agua y que los tiempos de espera en regulación sean mayores, considerándose que este problema puede aumentar el consumo de agua en más del 10 %; por lo que atajarlo, aportará beneficios tanto económicos, como de calidad en el servicio ofrecido hacia los usuarios de las instalaciones.

Por último, no se debe olvidar que una mala protección o recubrimiento inadecuado o inexistente de la red de distribución de agua caliente, puede generar pérdidas superiores a un 10 % del rendimiento del circuito, por lo que su protección correcta y adecuada y un mantenimiento adecuado, serán claves para reducir la factura energética del centro.

8.5.12. Técnicas y mejoras en los procesos de trabajo

La energía utilizada en procesos productivos, requiere en muchos casos el calentamiento del agua para el mismo, por lo que optimizar su calentamiento o enfriamiento, así como adecuar las temperaturas y caudales a lo requerido, será una forma directa de reducir los costes de producción.

La utilización de mezcladores termostáticos para lograr agua a una temperatura determinada; las sondas y termostatos que permiten detectar cambios sustanciales de temperatura; los medidores de nivel de líquidos, así como un sinfín de técnicas que existen en el mercado, habrán de ser analizadas por los responsables o técnicos de mantenimiento de estas instalaciones, para ver de qué forma se puede disminuir el consumo de agua y energía en el centro.

Los expertos en asesoramiento empresarial, utilizan como técnica de incentivar al personal o empleados responsables de estos departamentos técnicos, la reducción de las facturas energéticas y de suministros, para plantearles retos de reducción, que de lograrse verían incrementados sus pluses productivos.

De igual forma hay que premiar e incentivar a los empleados a que planteen ideas de cómo mejorar o aprovechar las áreas que ellos trabajan y dominan. Se nos olvida que la industria de maquinarias en general, evolucionó gracias a que los técnicos de mantenimiento que se desplazan a las empresas a realizar la conservación de éstas, escuchan y buscan soluciones y mejoras a los problemas e ideas que les plantean los empleados que las utilizan, en los procesos cotidianos de su trabajo diario, recogiendo y aprovechando todo ese *know how* o saber hacer, para su propio conocimiento y mejora de los equipos.

No es fácil llevar a cabo este tipo de iniciativas en la administración, pero hay que estar atentos a las ocasiones que se brindan para hacerlo, y si por ejemplo se disponen a realizar una campaña de promoción o de sensibilización, guarden o prevean unas serie de iniciativas internas, que permitan también participar al personal funcionario o contratado e incluso de las subcontratas, para que mediante concursos de ideas, premiar tras escuchar las propuestas que realizan.

8.6. Consejos generales para economizar agua y energía

En salas de calderas y distribución:

- Las calderas y los quemadores deben ser limpiados y revisados periódicamente por un técnico cualificado.

- Mandar inspeccionar la caldera periódicamente, revisando los siguientes puntos:
  - Las luces de alarma;
  - Signos de fugas en las tuberías, válvulas, acoples y caldera;
  - Daños y marcas de quemado en la caldera o chimenea;
  - Ruidos anormales en las bombas o quemadores;
  - Bloqueos de los conductos de aire.

- Inspeccionar el tanque de expansión y alimentación periódicamente. Si se oye la entrada de agua a través de la válvula de llenado, entonces el sistema tiene fugas.

- Si se sospecha que hay fugas, llamar inmediatamente a un especialista para que las arregle.

- La revisión debe incluir una comprobación de la eficiencia de combustión y el ajuste de la proporción aire/combustible del quemador para obtener la eficiencia óptima.

- Indicar al técnico que maximice la eficiencia de la caldera y que le presente una hoja de ensayos con los resultados. El coste aproximado puede oscilar entre los 100 y 200 € por caldera.

- Estudiar la posible instalación de un termómetro en la chimenea. La caldera necesita limpiarse cuando la temperatura máxima de los gases en la chimenea aumente más de 40 ºC sobre la del registro del último servicio. El coste aproximado es de unos 40 €.

- Ajustar las temperaturas de ACS para suministrar agua en función de la temperatura de cada época del año.

- Aislar las tuberías de distribución que no contribuyan a calentar las zonas de trabajo.

- Si se dispone de anillos de recirculación de ACS, medir, verificar y ajustar las proporciones de agua reciclada, en los distintos horarios de demanda punta

y valle, a la más adecuada, que garantice el servicio con el mínimo esfuerzo de la caldera. *(Si sus puntas son muy exageradas, valorar la implementación de un programador de maniobra que automatice los cambios de temperatura).*

En los puntos de consumo:

- Instalar equipos termostáticos siempre que sea posible, pues aumentan el confort y ajustan el consumo energético a la demanda real.

- Los equipos temporizados son ideales cuando se trabaja con jóvenes y adolescentes, pues evita olvidos de cierre y soportan mejor el posible vandalismo.

- Instalar o implementar medidas correctoras del consumo, como perlizadores, alcachofas de ducha ecológicas, reductores volumétricos, etc., reducirá espectacularmente los consumos.

En centros públicos y oficinas:

- Promover una mayor participación en la conservación del medio ambiente por medio de actividades de educación ambiental, para empleados y subcontratas, realizando campañas de educación y procesos respetuosos en su trabajo cotidiano, con ejemplos concretos, reputables y discriminatorios. *(Si se hace mucho hincapié en una tendencia y/o técnica mal utilizada, la persona que lo ejecuta se sentirá mal internamente cuando la practique).*

- Realizar campañas de sensibilización, trasmitiendo a clientes y empleados su preocupación por el medioambiente, mejorará su imagen y disminuirá las facturas de los suministros.

- Diseñar y colocar pegatinas de sensibilización y uso correcto de equipos economizadores, por ejemplo en inodoros y/o sistemas especiales.

- Formar, instruir y redactar órdenes de trabajo claras y específicas, para que los empleados tengan presente cómo actuar ante las distintas situaciones que puedan encontrarse.

- Solicitar la colaboración de los usuarios, con notas de sugerencias y mejoras, y avisos para resolver los problemas y/o averías que puedan surgir y fueran detectados por los clientes, resolviéndolos inmediatamente para demostrar la preocupación por el tema y a la vez minimizar el impacto económico.

- Un hábito frecuente es tirar al inodoro gasas, compresas, tampones o los envoltorios de éstos, junto con papeles, plásticos o profilácticos, con lo que se pueden producir atascos en tuberías tanto de bajantes como en fosas y sifones, provocan obstrucción en las rejas de entrada y filtros, ocasionando diversos problemas higiénicos y mecánicos. Es recomendable que todos estos residuos vayan directamente a la basura; para ello aparte de sensibilizar a los usuarios, los centros han de poner medios para poder facilitar esta labor.

En jardinería y paisajismo:

- El exceso de agua en el césped produce aumento de materia verde, incremento de enfermedades, raíces poco profundas, desaprovechamiento de recursos y grandes facturas. Cuando se trata de regar un área verde o jardín es preferible regar de menos que regar de más, pues se facilitará el crecimiento y enraizado de plantas, arbustos y césped, mejorando su imagen y sufriendo menos en épocas de sequía.

- La necesidad de agua en el pasto, puede identificarse cuando éste se torna de un color verde azulado y cuando las pisadas permanecen marcadas en él, ya que la falta de agua hace que a la hoja le cueste recuperar su posición original. Lo ideal sería regar el césped justo en ese momento ya que el deterioro en ese punto es mínimo y, apenas el césped recibe agua, se recupera. Regar el pasto antes de observar estos signos no proporciona beneficio alguno.

- No es recomendable regar sistemáticamente. Un programa fijo de riego no contempla las necesidades reales del césped y puede resultar perjudicial.

- La hora ideal para hacerlo es entre las 4:00 y las 8:00 de la mañana. A esta hora el viento no interfiere en el riego y no hay prácticamente evaporación de agua. Una de las complicaciones que ocasiona el riego en horas de la tarde, es la creciente incidencia de enfermedades. Este inconveniente puede reducirse regando únicamente cuando el césped lo necesita y haciéndolo esporádica pero profundamente. Regar durante el mediodía no es efectivo ya que gran cantidad de agua se evapora siendo por consiguiente muy difícil humedecer la tierra adecuadamente.

- El riego por aspersión produce más pérdidas que el riego por goteo o las cintas de exudación. La manguera manual también supone mucho desperdicio, pero es adecuado para aquellas plantas resistentes que se riegan manualmente muy de tarde en tarde.

- Al diseñar y/o reformar el jardín, agrupar las especies según su demanda de agua. Se tendrá de esta forma zonas de necesidades altas, medias y bajas. Por ejemplo, los Cactus y Crasas y la flora autóctona estarían dentro de un grupo de plantas con necesidades bajas.

- Elegir especies autóctonas que con la lluvia pueden vivir sin precisar riego alguno.

- La Xerojardinería posibilita reducciones de consumo hasta del 90 %.

- Elegir otras especies, que aunque no sean autóctonas, sean resistentes a la sequía *(habrá que regarlas menos)*. Ejemplos: cactus, lantana, áloes, palmeras, etc.

- Instruir, formar o exigir conocimientos al personal que cuida de la jardinería.

En la limpieza de las instalaciones:

- Realizar la limpieza en seco, mediante: aspiración, barrido con cepillos amplios, máquinas barredoras, automáticas, etc.

- Incorporar el jabón y/o detergentes a los recipientes, después del llenado, aunque no haga espuma, limpiará lo mismo.

- Promover medidas para ahorrar en el lavado de prendas, utensilios y toallas.

- Las toallas, sábanas o trapos viejos se pueden reutilizar como trapos de limpieza. No se emplearán servilletas o rollos de papel para tal fin, pues se aumenta la cantidad de residuos generados.

- Utilizar trapos reciclados de otros procesos y absorbentes como la celulosa usada, para pequeñas limpiezas y productos como la arena o el serrín, para problemas de grandes superficies.

- No utilizar las mangueras para refrescar zonas, pues si están muy calientes se evaporará el agua muy rápidamente y los cambios bruscos de temperatura, pueden crear problemas de dilatación.

- No barrer canchas descubiertas con mangueras; utilizar cepillos de amplias dimensiones en seco.

No hay mejor medida economizadora o medioambiental, más respetuosa, que aquella que no consume; limitemos las demandas a lo estrictamente necesario. *(No habrá que preocuparse de cómo ahorrar, si no se consume).*

Bibliografía

1. IDAE. (2001).: "Ahorro de Energía en el Sector Hotelero: Recomendaciones y soluciones de bajo riesgo" Madrid, España.
2. Proyecto Life. (2001).: "Jornadas Internacionales de Xerojardinería Mediterránea ". WWF/Adena. Madrid, España.
3. Fundación Ecología y Desarrollo. (2002).: "Guía practica de tecnologías ahorradoras de agua para viviendas y servicios públicos". Bakeat. Bilbao, España.

4. Fundación Ecología y Desarrollo. (2003).: "Catálogo de Buenas Prácticas. Uso eficiente del agua en la ciudad". ECODES. Zaragoza.
5. Fundación Ecología y Desarrollo. (2003).: "Guía de ecoauditoría sobre el uso eficiente del agua en la industria". Fundación Ecología y Desarrollo. (Zaragoza), España.
6. Fundación Ecología y Desarrollo. (2001).: "Guía de ecoauditoría sobre el uso eficiente del agua en los centros educativos". Fundación Ecología y Desarrollo. (Zaragoza), España.
7. Infojardin.com (2002-2005).: Web y Artículos de Jesús Morales (Ingeniero Técnico Agrícola), (Cádiz) España.
8. TEHSA, S.L. (2003).: "Sección de Artículos", Web de la empresa Tecnología Energética Hostelera y Sistemas de Ahorro, S.L. Alcalá de Henares (Madrid), España.
9. Ahorraragua.com (2004).: "Eco-Artículos", Web de la compañía. Madrid, España.
10. Plan Municipal de Gestión de la Demanda de Agua en la Ciudad de Madrid, Concejalía de Medio Ambiente (www.munimadrid.org). Ayuntamiento de Madrid.

Capítulo

9

Tecnología led en los semáforos de la Comunidad de Madrid

9.1. Antecedentes

Desde los orígenes de la señalización semafórica como herramienta de control del tráfico, los semáforos han funcionado mediante lámparas incandescentes, alimentadas a 220 V, con un difusor de cristal o metacrilato tintado con el color adecuado y con un reflector posterior.

En un sistema semafórico cualquiera, el conjunto de semáforos se controlan mediante un regulador, que actúa como coordinador y que posee capacidad que permite ajustar los ciclos de encendido atendiendo a tramos horarios, condiciones puntuales del tráfico, gestión manual, etc. En la Fig. 1 se representa un ejemplo de Sistema Semafórico.

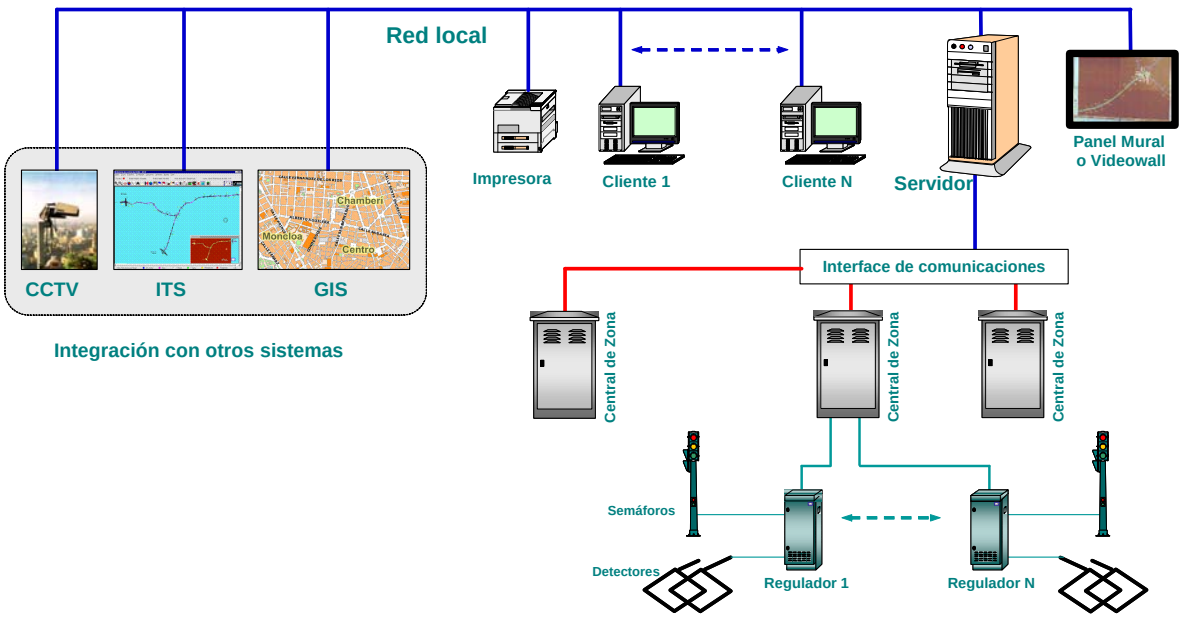


Figura 1. Ejemplo de Sistema Semafórico.

Durante los últimos 70 años, se han ido introduciendo pequeñas innovaciones sobre el concepto original de sistema semafórico, de forma que los más avanzados

permiten ahora ejecutar rutinas complejas de micro o macro-regulación, poseen redundancia en gran parte de sus circuitos para incremento de la seguridad, poseen elementos reflectores mejores y de menor coste, etc. Sin embargo, algo que permanece invariante desde los orígenes de esta tecnología es el uso de la lámpara de incandescencia como elemento de iluminación.

Durante la década de los 80 comenzó a emplearse en el mundo la tecnología LED (*Light Emitting Diode*) de Diodos Luminiscentes, que trabaja en corriente continua y es capaz de emitir luz en una determinada longitud de onda. Esta tecnología ha experimentado una enorme evolución en los últimos 10 años, en los que se ha conseguido abaratar enormemente el coste de fabricación y se han llegado a diseñar diodos LED que emiten en cualquier longitud de onda deseada, pudiendo así fabricar LEDs de distintos colores.

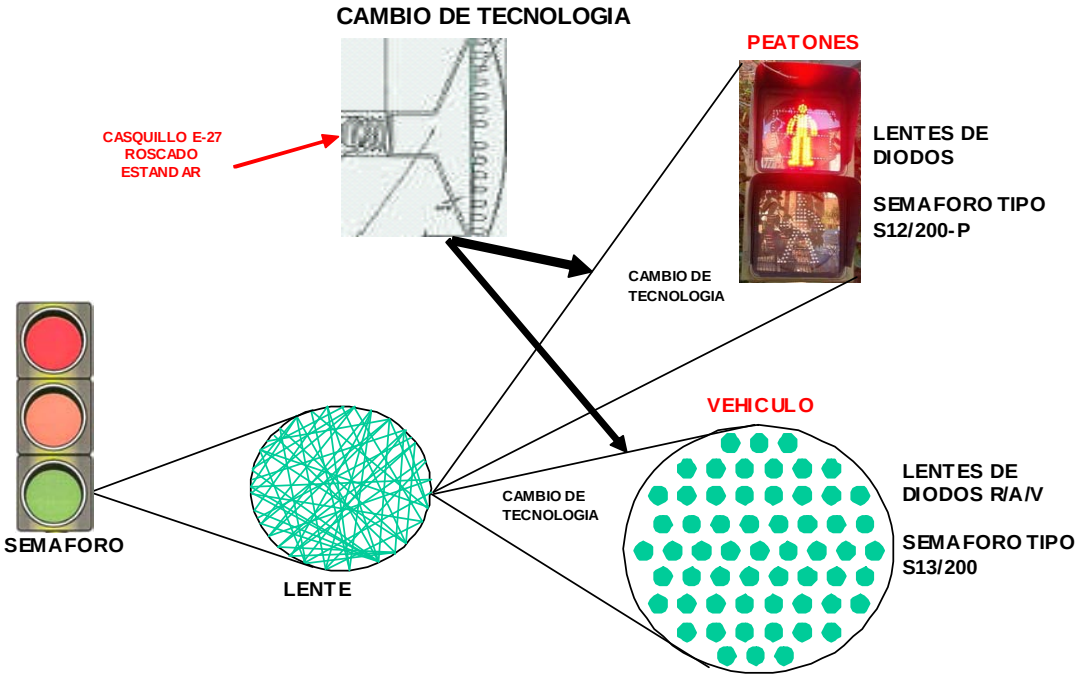


Figura 2. Detalle de lente compuesta de Diodos Electro Luminiscentes (LED).

Al mismo tiempo, se produjo desde principios de los 90 una situación de crisis del sector energético en los Estados Unidos, especialmente en los estados del Este, registrándose apagones que llegaron a mantener ciudades como San Francisco sin

corriente eléctrica durante largos periodos de tiempo. Como consecuencia de la situación energética, tanto el Gobierno Central Estadounidense como sus homólogos estatales, lanzaron convocatorias de ayudas e incentivos económicos destinados a la investigación y ejecución de proyectos que contribuyeran a un uso más eficiente de la energía.

Las corporaciones locales, regionales y nacionales no tardaron en darse cuenta de que uno de los principales puntos donde incidir para la reducción del consumo energético es la señalización semafórica. El motivo es muy claro: se demuestra fácilmente que el consumo energético de un semáforo basado en tecnología LED resulta aproximadamente un 90 % inferior al consumo del mismo semáforo basado en lámpara de incandescencia, mientras que el resto de parámetros (luminosidad, seguridad, brillo, MTBF, etc.) resultan al mismo tiempo mejorados. El único punto en contra de esta tecnología es que todavía hoy en día implica un mayor coste de instalación.

Se demostró teóricamente que el retorno de la inversión para un proyecto masivo de sustitución de semáforos por otros basados en tecnología LED oscilaría entre los 3 y 4 años, y que estos proyectos podrían ser pagados mediante la disminución de coste en la factura eléctrica de los años siguientes al despliegue. Las primeras experiencias de grandes inversiones en este sentido (Hanford, 1994; Denver, 1996; Philadelphia, 1997) sirvieron como casos de estudio y corroboraron la viabilidad de los planes de negocio tal y como se habían previsto. Al mismo tiempo, la tecnología LED seguía bajando de precio debido principalmente a la economía de escala y a la deslocalización en la fabricación: se había creado el marco propicio para la adopción mundial de la tecnología en aplicaciones semafóricas.

Durante los siguientes años, multitud de nuevos despliegues masivos tuvieron lugar en otros puntos de Estados Unidos (Boston, 1999; Anaheim, 2000; Portland, 2001; New York, 2004) así como se llevó a cabo el primer despliegue masivo en Europa, concretamente en Estocolmo, en el año 2000. Este gran proyecto en el que fueron sustituidos un total de 27.000 semáforos se encontraba enmarcado dentro de un proyecto de mayor ámbito cuyo objetivo era la mejora de la movilidad urbana, con varios puntos de innovación.

Así, en varios estudios realizados en diferentes países se reflejan los siguientes resultados:

A. La experiencia en la ciudad de Estocolmo (Suecia), de más cuatro años de aplicación de diodos LED para señales luminosas rojas y dos años con sistemas completos con los tres colores ha arrojado unos excelentes resultados en cuanto a fiabilidad de los sistemas y ahorro energético.

B. La ciudad de Manhatan, Kansas (EEUU), ha estado utilizando la tecnología LED en señales luminosas rojas en semáforos durante varios años. Inicialmente se utilizaron para señalización de giros a la izquierda y progresivamente se ha extendido su uso a todas las nuevas instalaciones de señalización luminosa roja.

C. Actualmente las especificaciones municipales para los semáforos de nueva instalación exigen el uso de esta tecnología y se están alcanzando unos niveles de ahorro energético del orden del 89 %.

D. En la cuidad de St Paul, Minnesota (EEUU) se han sustituido todos los indicadores luminosos rojos convencionales de peatones por indicadores de tecnología LED. En los 5.764 indicadores que se reemplazaron, el ahorro esperado anual en electricidad es de 131.400 $. Esto representa un gran beneficio para el contribuyente si se tiene en cuenta, además, que la vida útil de estos sistemas es de unas 60.000 horas, frente a las 6.000 horas de los sistemas convencionales.

E. En España se ha utilizado esta tecnología en ciudades como Vitoria, Palma de Mallorca, Sevilla, Madrid y Barcelona así como en alguna autopista de peaje.

Sin embargo, han tenido que pasar cuatro años para que sea anunciado un nuevo gran proyecto de sustitución masiva de semáforos tradicionales por semáforos de LEDS, hasta que en marzo de 2004, Siemens anunció el comienzo de un proyecto de 2 años de duración para el cambio masivo de los semáforos de la ciudad de Aachen por semáforos basados en tecnología LED. No obstante, hay

que destacar que, para acometer este proyecto, será necesario sustituir también la totalidad de los reguladores asociados a los semáforos. La explicación se encuentra en los siguientes párrafos.

No cabe duda de que los semáforos de LEDs son más eficientes (Fig. 2), necesitan de menor coste de mantenimiento, contribuyen mejor a la seguridad vial, abren nuevas posibilidades de aplicaciones y su coste de despliegue se reduce día a día. Sin embargo, ¿cuál puede ser el motivo por el que no se han acometido en Europa grandes proyectos de sustitución masiva de semáforos de incandescencia por semáforos LEDs? La respuesta es la concurrencia de dos circunstancias en diferentes proporciones según el caso tratado:

A. Problemas técnicos en la integración. Existe un error común y es considerar al semáforo como un elemento aislado. Sin embargo, como ya se apuntó antes, los semáforos se agrupan en 'cruces semafóricos' que están gobernados por un 'regulador'. Los reguladores y los semáforos individuales deben actuar en perfecta sintonía. En el caso que nos ocupa, existen todavía ciertos aspectos que no han podido resolverse en lo relativo a la integración de una lámpara de LEDs con un regulador semafórico, como por ejemplo la detección de lámpara fundida.

B. Inversión elevada. Pese a que un estudio detallado y varias experiencias reales demuestran que la inversión necesaria para acometer un proyecto de estas características puede amortizarse en un período que oscila entre los 2 y 4 años (únicamente a partir de la disminución de coste en la factura eléctrica), las administraciones públicas responsables de la gestión del tráfico no han encontrado todavía un incentivo claro para acometer estas inversiones.

Para finalizar la introducción, en la Fig. 3 se muestra un esquema detallado de un equipo regulador así como de dos tipos de semáforos.

El presente estudio describe las características técnicas de los nuevos elementos, las ventajas que reúne dicha tecnología y el análisis de ahorro energéti-

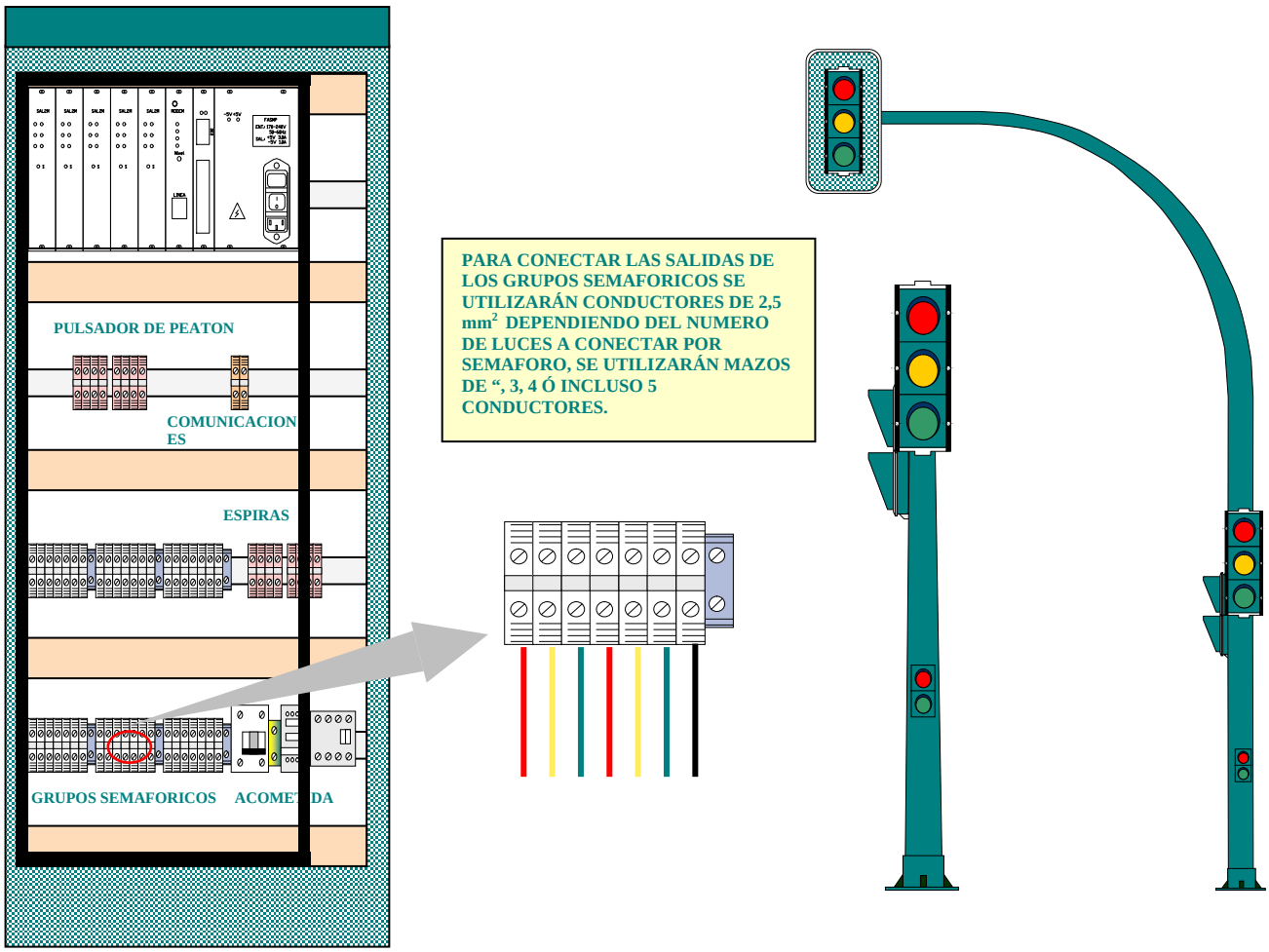


Figura 3. Esquema de Equipo de Regulación de Tráfico.

co de un cambio masivo de lámparas en la Comunidad de Madrid. Se proponen dos escenarios diferentes:

A. Semáforos existentes: en este caso, se propone la sustitución de la lámpara por una placa de diodos led con alimentación a 230 Vac de tal forma que el tiempo de instalación sea ínfimo y así minimizar la afección al tráfico durante la sustitución.

B. Semáforos de nueva instalación: además de proponer un cambio de lámpara a led´s, también se apuesta por un cambio en la tensión de alimentación, de tal forma que cada cruce semafórico sea controlado por un regulador con salida a 42 Vac. Esto añadiría un componente de seguridad

adicional frente a riesgos eléctricos ante la manipulación de elementos semafóricos

La tecnología LED ha sido probada con éxito en países como Canadá y Estados Unidos, mientras que en Europa, Francia y Suecia son los pioneros en este campo.

9.2. Descripción de la Tecnología LED

El componente principal es el diodo, que trabaja en corriente continua y emite luz únicamente con la longitud de onda del color del LED (*Light Emitting Diode*) Diodo Luminiscente.

El conjunto de diodos LED está montado sobre una placa y conectado de tal manera que permite mantener una mayor seguridad en el servicio.

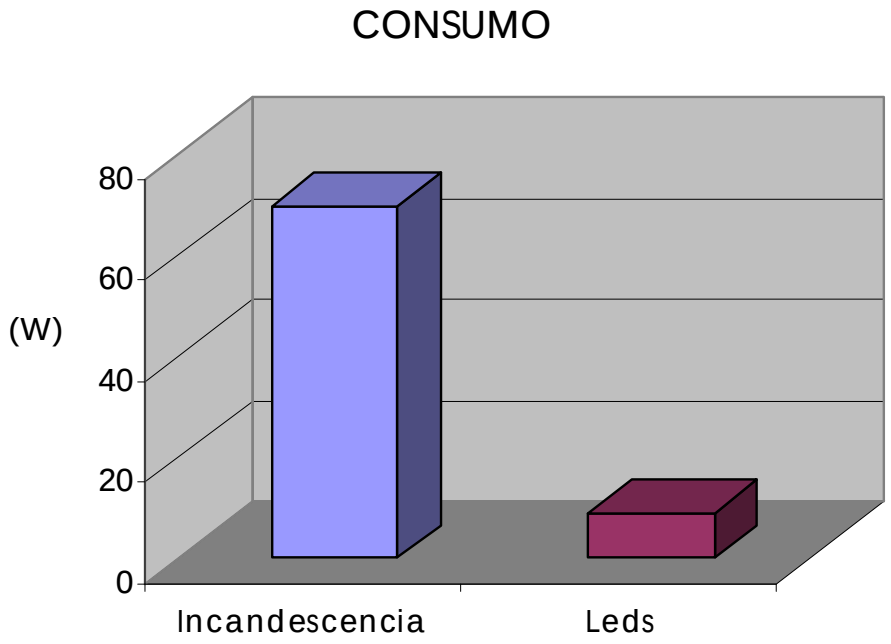
El paquete de diodos LED, al trabajar con corriente continua y ser el suministro de la compañía en alterna, lleva instalado un circuito electrónico rectificador de alterna a continua, que para ciertas tecnologías, además, incorpora una función de estabilización de tensión que permite mantener el mismo nivel luminoso en el punto, incluso con el fallo de cierto número de diodos al elevar el nivel de tensión que permitirá mantener el mismo nivel de iluminación con los restantes.

A estos componentes, diodo LED-fuente de alimentación, hay que añadir, para ciertas tecnologías, el difusor transparente, ya que el color lo aporta el LED Dicho difusor además de proteger a la placa de diodos LED, tiene como misión mejorar la óptica del punto evitando la emisión de luz hacia arriba y concentrándola hacia la calzada.

9.2.1. Ventajas de la Tecnología LED

El empleo de semáforos de leds comporta una serie de ventajas respecto a los semáforos de lámparas, como son:

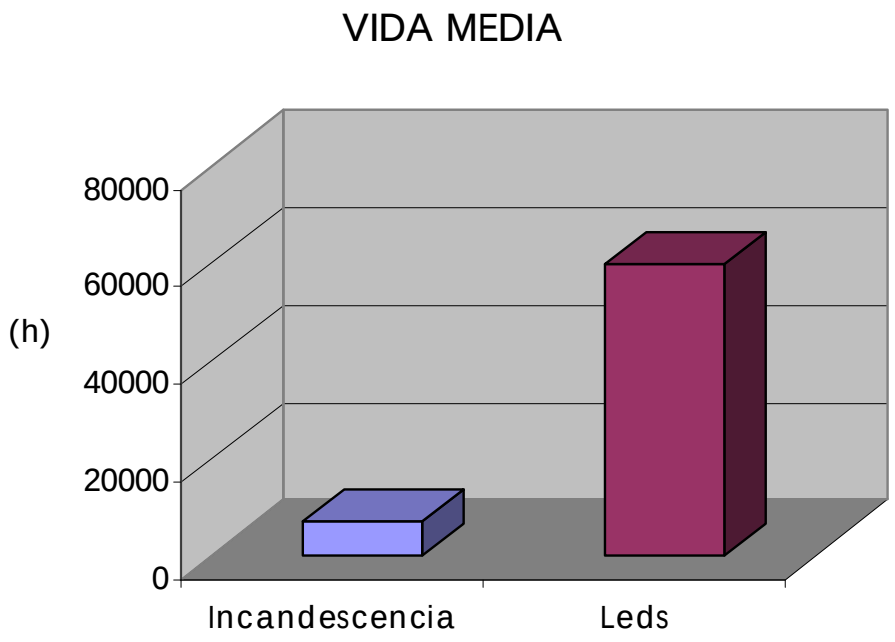
A. Ahorro energético. Frente a los 70 watios de consumo de las lámparas de incandescencia, la tecnología LED presenta un consumo de 8-10 watios por lámpara. Lo que significa bajar los consumos energéticos por lente desde un 80 % hasta un 90 % (dependiendo del caso) con respecto del anterior, lo que conlleva una reducción muy notable de gasto en energía eléctrica.



B. Reducción del impacto medioambiental. Dado el ahorro energético que se obtiene superior al 80 %, provocado por la disminución de potencia consumida, se ve reflejado directamente una importantísima reducción en la emisión de gases que provocan el efecto invernadero.

C. Permite el uso de baterías. La disminución de la potencia consumida tras la sustitución a semáforos de leds posibilita el uso de un Sistema de Alimentación Ininterrumpida por medio de un cargador y baterías en los reguladores con el objeto de evitar la afección al tráfico en caso de fallo en el suministro eléctrico.

D. Una vida útil mayor de las lámparas. Tal y cómo indica la documentación técnica, frente a las 6.000 - 8.000 horas de vida útil de una lámpara de incandescencia, las lentes de diodos LED presentan una vida útil media de 60.000 horas, lo que significa un importante aumento de duración.



E. Desaparición del "efecto fantasma". Los semáforos de LEDs no necesitan de ningún elemento reflectante en su interior para emitir la luz, el cual es el causante del efecto fantasma en los semáforos de lámparas.

9.3. Análisis del Ahorro Energético

Este estudio ilustra el ahorro energético y económico de esta tecnología para el conjunto de semáforos que componen la Comunidad de Madrid. El total de elementos que forman parte de la Comunidad es el que se recoge en la Tabla 1.

Para los cálculos de potencia consumida se han realizado los siguientes supuestos:

A. Para los semáforos S13, (ROJO – ÁMBAR –VERDE) se estima que el tiempo de encendido de las lámparas del semáforo durante todo un ciclo equivale a una sola lámpara encendida durante todo el tiempo.

B. Para los semáforos S12 (2 colores) se estima que el consumo es igual al consumo de una bombilla durante todo el tiempo.

C. Para los semáforos S11 (1 color) se estima que consumen como una bombilla encendida el 50 % del tiempo.

TABLA 1. Resumen de cantidad de Lentes Semafóricas en la Comunidad de Madrid.

	TIPO DE LENTE					
CIUDAD	SEMÁFORO (ROJO – VERDE – ÁMBAR) de 200 mm de diámetro	SEMÁFORO 2 LENTES de 200 mm de diámetro	SEMÁFORO 1 LENTE de 200 mm de diámetro	SEMÁFORO (ROJO – VERDE – ÁMBAR) DE 100 mm de diámetro	SEMÁFORO 2 LENTES de 100 mm de diámetro	SEMÁFORO de PEATÓN de 200 mm de diámetro
Pequeñas Poblaciones de la Comunidad de Madrid	402	85	0	9	205	186
Madrid (Zona Centro)	10.247	112	169	123	3.139	6.068
Alcalá de Henares	1.002	66	6	19	561	640
Alcobendas	373	10	47	0	196	242
Collado - Villalba	75	9	0	5	17	37
Escorial	48	12	8	2	26	18
Getafe	349	22	27	8	230	230
Móstoles	758	56	5	9	309	456
Parla	126	6	0	3	72	92
Pozuelo	226	19	0	5	221	168
Rivas	143	20	0	0	61	80
SS Reyes	172	21	0	2	85	121
Tres Cantos	57	24	2	0	34	46
Torrejón	402	55	17	13	199	280
TOTAL	14.380	517	281	198	5.355	8.664

Las conclusiones de los cálculos realizados son:

A. Con Tecnología convencional

- Consumo TOTAL Lámparas incandescentes: 16.479.531,00 kWh/año.

- Coste energético a 0,078 €/kWh (Dato del IDAE, Instituto del Desarrollo y Ahorro Energético): 1.285.403,42 €/año.

B. Con Tecnología LED

- Consumo TOTAL Led´s: 2.271.115,41 kWh/año.
- Coste energético a 0,078 €/kWh (Dato del IDAE): 177.147,00 €/año.

C. Ahorros

- Ahorro energético: 14.208.415,59 kWh/año (86,22 %).
- Disminución coste energético: 1.108.256,42 €/año.

9.4. Conclusiones

Las emisiones de gases de invernadero en dióxido de carbono (CO_2) equivalente entre 1990 y 2002 han aumentado en la Comunidad de Madrid un 55,37 %, más del triple de lo permitido en el Protocolo de Kioto (los compromisos adquiridos con la firma del Protocolo de Kioto de 1997 establecen un tope del 15 % de aumento entre 1990 y el 2010), y mucho más que el crecimiento medio de España.

Los sectores energético y de transporte son los mayores responsables del conjunto de las emisiones, pues en 2002 representó el 81 % del total de la Comunidad de Madrid.

Tras el estudio descrito en los puntos anteriores, se enumeran a continuación las diferentes conclusiones:

A. El ahorro energético conseguido gracias a la sustitución masiva de todas las lámparas de Led´s del sistema de tráfico de la Comunidad de Madrid es de

alrededor del 86 %. Esta cifra se podría aumentar hasta un 90 % de ahorro con la implementación de nuevas formas de eficiencia y ahorro de energía como la disminución de consumo en función de la luminosidad o de la hora del día.

B. La cifra de ahorro energético en kWh consecuencia del cambio masivo de led´s en los semáforos de la Comunidad de Madrid se traduce directamente en una disminución en la emisión de CO_2 equivalente, superior a 5.800 toneladas de CO_2 al año.

C. El número de años para amortizar la inversión necesaria para el cambio masivo de lámparas de led´s es de 5 años. Dichas lentes presentan una vida útil media de unas 60.000 horas.

D. Sistema de alimentación ininterrumpida. Una de las mayores ventajas del cambio masivo de leds es la posibilidad de implantar un sistema de alimentación ininterrumpida en cada cruce semafórico, de tal forma que el servicio no se vea interrumpido ante una avería en el suministro energético.